

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

Osijek, rujan 2017

Ivan Nikolić

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

U OSIJEKU

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

**TEMA: PRODUKTIVNOST U GRAĐEVINSKOJ DJELATNOSTI I
NJENO POBOLJŠANJE S LEAN KONCEPTOM I BIM-OM
PRODUCTIVITY IN CONSTRUCTION AND ITS IMPROVEMENT
WITH THE LEAN CONCEPT AND BIM**

Ivan Nikolić

Osijek, rujan 2017

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

ZNANSTVENO PODRUČJE: **TEHNIČKE ZNANOSTI**
ZNANSTVENO POLJE: **GRAĐEVINARSTVO**
ZNANSTVENA GRANA: **ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA GRAĐENJA**
TEMA: **PRODUKTIVNOST U GRAĐEVINSKOJ
DJELATNOSTI I NJENO POBOLJŠANJE S LEAN
KONCEPTOM I BIM-OM**
PRISTUPNIK: **IVAN NIKOLIĆ**
NAZIV STUDIJA: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**
ZADATAK:

Na osnovu preporučene literature obraditi problematiku produktivnosti u građevinskoj djelatnosti i mogućnosti njenog poboljšavanja Lean konceptom i BIM-om.

Rad treba predati u 3 primjerka (original + 2 kopije), spiralno uvezana u A4 formatu i cjelovitu elektroničku datoteku na cd-u.

Osijek, 30.lipanj 2017.

Mentor:

Predsjednik/ica Odbora za završne
i diplomske ispite:

Mr.sc.Držislav Vidaković,dig.

Izv.prof.dr.sc.Mirana Bošnjak-Klečina,dig.

SAŽETAK

Tema završnog rada je produktivnost u građevinskoj djelatnosti i njeno poboljšanje s Lean konceptom i BIM-om. Sam rad sastoji se od uvoda, završnog rada i zaključka, a u radu je obuhvaćeno definiranje produktivnosti, mjerenje produktivnosti radne snage, gubici produktivnosti, čimbenici koji utječu na produktivnost, utjecaj BIM-a na građevinski projekt, primjena Lean koncepta za poboljšanje produktivnosti te novi model upravljanja produktivnosti.

SADRŽAJ

1.Uvod.....	1
2.Definiranje produktivnosti.....	2
3.Mjerenje produktivnosti radne snage.....	3
3.1.Ekonomske modeli.....	3
3.2.Modeli specifični za projekt.....	3
3.3.Modeli usmjereni na aktivnosti.....	3
3.4.Osnovna produktivnost.....	4
3.5.Koncept „izmjerene milje“.....	5
3.6.Kumulativna produktivnost.....	5
3.7.Indeks upravljanja projektom (PMI).....	5
3.8.Faktori pretvorbe.....	6
3.9.Tehnike mjerenja produktivnosti.....	6
3.10.Teškoće u mjerenju produktivnosti.....	7
4.Gubici produktivnosti (LOP).....	8
4.1.Gubici produktivnosti zbog promjena.....	8
4.2.Zahijev izvođača za priznavanje gubitaka produktivnosti.....	8
4.3.Metode mjerenja gubitaka produktivnosti (LOP-a).....	9
5.Čimbenici koji utječu na produktivnost u građevinarstvu.....	11
5.1.Metoda MCAA.....	14
5.2.Potreba studija o MCAA-u.....	16
5.3.Cilj studije Ibbsa i Suna.....	16
5.4.Neučinkovitost veličine radne grupe.....	17
5.4.1.Prethodne studije o neučinkovitosti veličine radne grupe.....	17
5.4.1.1.Kvantifikacija kroz višu razinu (postotak više ljudi).....	17
5.4.1.2.Kvantifikacija kroz gomilu (postotak dodatne osobe po prostoru).....	18
5.4.2.Upotreba postojećih studija neučinkovitosti veličine radne grupe u zahtjevu LOP.....	19
5.4.3.Odluke o pravnim pitanjima u vezi s LOP kvantifikacijom utjecaja neučinkovitosti veličine radne grupe.....	20
5.5.Ostali zaključci vezani za izračunavanje utjecaja LOP-a.....	20
5.5.1.Smanjivanje nadzora.....	20
5.5.2.Pogreške i propusti.....	21
5.5.3.Moral i stav.....	21
5.5.4.Umor.....	22
5.5.5.Pristup radnom mjestu.....	23

5.5.6.Logistika.....	23
5.6.Promjene u građevinskoj proizvodnji.....	24
6.Studije slučaja.....	25
6.1.Prva studija slučaja.....	25
6.1.1.Priroda studije.....	25
6.1.2.Planiranje studije.....	25
6.1.3.Indikacije i korektivne mjere.....	26
6.2.Druga studija slučaja.....	26
6.2.1.Uvjeti i pojmovi koji se koriste u studiji.....	26
6.2.2.Benchmarking.....	26
6.2.3.Smanjenje varijabilnost produktivnosti rada.....	27
6.2.4.Prikupljanje i analiza podataka.....	27
6.2.5.Parametri izvedbe projekta (mjerila).....	27
6.2.6.Varijabilnosti u dnevnoj produktivnosti.....	29
6.2.7.Odnosi između varijabilnosti i performansi.....	30
6.3.Glavni zaključci studije Shehata i El-Gogarya u Egiptu.....	30
7.Utjecaj BIM-a na građevinski projekt.....	32
7.1.Utjecaj BIM-a na produktivnost rada.....	33
7.2.Metodologija istraživanja utjecaja BIM-a na produktivnost.....	34
7.3.Građevinski projekt na kojemu je obavljeno istraživanje o utjecaju BIM-a na produktivnost.....	36
7.4.Nalazi istraživanja o utjecaju BIM-a na produktivnost.....	40
7.5.Rasprava o utjecaju BIM-a u provedenom istraživanju Poriera,Staub-Frencha i Forguesa.....	44
7.6.Zaključci istraživanja o utjecaju implementacije BIM-a na produktivnost.....	45
8.Primjena Lean koncepta za poboljšanje produktivnosti.....	47
8.1.Začetci Lean koncepta proizvodnje.....	47
8.2.Istraživanje R.F. Aziza i S.M.Hafeza.....	49
8.3.Tijek uvođenja Lean koncepta.....	51
8.4.Gubici kod građenja.....	52
8.5.Načela Lean razmišljanja.....	55
8.6.Lean tehnike gradnje.....	58
8.7.Kanali za aplikaciju Lean koncepta.....	59
8.7.1.Lean sustav isporuke projekta (LPDS).....	59
8.7.2.Last Planner System (LPS).....	61
8.8.Model proces poboljšanja performansi.....	64
8.8.1.Vrijeme provedeno na poboljšanju.....	65

8.8.1.1.Vrijeme provedeno u proizvodnji.....	65
8.8.1.2.Podrška za upravljanje.....	66
8.8.1.3.Motivacija zaposlenika.....	66
8.8.1.4.Percipirana potreba za poboljšanjem.....	66
8.8.2.Vještine i mehanizmi poboljšanja učinkovitosti.....	67
8.8.2.1.Mehanizmi poboljšanja učinka.....	67
8.8.2.2.Vještine i poboljšanja performansi.....	67
8.8.3.Perspektiva i ciljevi poboljšanja.....	68
8.8.3.1.Različiti ciljevi.....	68
8.8.3.2.Različite perspektive.....	69
8.8.4.Operativna poboljšanja.....	69
8.8.5.Složenost problema.....	70
8.8.6.Poboljšanje rezultata i povratne petlje.....	70
8.9.Zaključci o istraživanju primjene Lean koncepta u građevinarstvu.....	71
9.Novi model upravljanja produktivnosti.....	72
9.1.Pozadina istraživanja novog modela upravljanja produktivnosti u brazilskom građevinarstvu.....	73
9.1.1.Scenarij nepotpunih informacija u brazilskim građevinskim poduzećima.....	73
9.2.Kontekstualiziranje modela upravljanja produktivnošću.....	74
9.3.Model upravljanja produktivnosti- razmišljanja.....	75
9.4.Model upravljanja produktivnosti- primjena.....	77
9.5.Zaključci istraživanja produktivnosti u Brazilu.....	79
10.Zaključak.....	81
11.Literatura.....	72

1. UVOD

Produktivnost je važan aspekt građevinske industrije koji se može koristiti kao indeks učinkovitosti proizvodnje. Učinkovito upravljanje građevinskim resursima može dovesti do veće produktivnosti koja može pomoći u postizanju smanjenja troškova i uštede vremena. Izgradnja je industrija usmjerena na rad. Ona se snažno oslanja na vještine svoje radne snage. Rad je najvredniji resurs u industriji. Važno je poboljšati učinkovitost proizvodnje poboljšanjem produktivnosti rada. Smanjenje produktivnosti projekta oduvijek je bila glavna briga za industriju gradnje.

Većina problema s vlasnicima i izvođačima uzrokovana je neuspjehom u ispunjavanju rokova završetka gradnje. Posljedice ovih kašnjenja su socijalni stres i financijske štete. Smanjivanje uzroka odgađanja sustavno i učinkovito oduvijek je bio ključni zahtjev za izgradnjom i, stoga, ovo je tema od velikog interesa.

U završnom radu je prema dobivenom zadatku i prema dobivenoj literaturi obrađeno područje produktivnosti u građevinskoj djelatnosti i njenog poboljšanja sa različitim suvremenim metodama. S obzirom na to da završni rad obuhvaća različite teme i metode vezane u produktivnost, podijeljen je po smislenim cijelinama te je podkrijepljen slikama i tablicama koje ilustriraju napisano.

2. DEFINIRANJE PRODUKTIVNOSTI

Produktivnost se može definirati na mnogo načina. U izgradnji, produktivnost se obično podrazumijeva na produktivnost rada, tj. radne jedinice postavljene ili proizvedene po satu čovjeka. Također je uobičajena inverzija produktivnosti rada, radno vrijeme po jedinici (jedinična stopa). Horner i Talhouni [8] izjavili su: "Popularni koncept u SAD-u, a sve više u Velikoj Britaniji, jest koncept zarađenih sati. Ono se oslanja na uspostavljanje skupa standardnih izlaza ili "normi" za svaku pojedinu radnju. Dakle, određeni broj "zarađenih" sati povezan je sa svakom pojedinom jedinicom posla koji je završen. " Produktivnost " tada se može definirati kao omjer zarađenih do stvarnih sati. Problem s ovim konceptom je u uspostavi pouzdanih "normi", za postavljanje standarda. Ona također ovisi o metodi koja se koristi za mjerenje produktivnosti i u kojoj se mjeri uzima u obzir sve čimbenike koji ga utječu [7]".

Produktivnost je mjerenje brzine proizvodnje po jedinici vremena ili napora. Obično se mjeri u jedinicama rada po satu rada ili satu posade; Na primjer, kubnih metara betona postavljenih po satu posade. Produktivnost u izgradnji ponekad uključuje i produktivnost opreme i produktivnost rada. Produktivnost u ovom radu odnosi se na produktivnost radne snage građevinskog zanata. To znači da troškovi opreme i materijala, neizravni troškovi, dobit i cijena radne snage neće biti unutar opsega istraživanja ovog izvješća [6].

Produktivnost je prosječno vrijeme izravnog rada za instaliranje jedinice materijala. U savršenom svijetu, savršena produktivnost (1.0) bit će ostvarena u 40-satnom radnom tjednu, svatko tko će planirati sve svoje praznike i dane godišnjeg odmora. Svi inženjerski crteži bi bili 100 posto kompletni, ne bi bilo kašnjenja bilo koje vrste, svatko će sigurno raditi, sve će se savršeno uklopiti prvi put, vrijeme će biti 21 stupnjeva , a ne bi bilo parnica na kraju projekta [3].

Nažalost, ne živimo u savršenom svijetu, a istinska produktivnost često je slabo poznata. Prvi izazov u razumijevanju produktivnosti je nedostatak zajedničkih pojmova. Jedan takav nedostatak je u definiranju radne grupe Definicija sati identificiranih kao "izravni rad" mora biti konzistentna. Ova se činjenica brzo zanemaruje, a to dovodi do nesporazuma da je jedan izvođač manje produktivan jer ima dvostruko više vremena. Istina, izvođač radova s dvostruko više sati može biti produktivniji, jer je pola sati neizravnih sati, a ne izravnih sati rada. Drugo, velik dio fokusa u određivanju produktivnosti neispravno se stavlja na pojedinog radnika. Produktivnost ima malo veze s radnikom jer mnogi radnici rade pod istim opterećenjem. Često su pravila i tehnologija nadležnosti radnika, a ne sami radnici, koji ometaju produktivnost. Nepravilno ili nepotpuno planiranje, poput neplaniranog rada, također pridonosi nižoj produktivnosti zbog radnih sati potrebnih za dovršavanje izvornog zadatka. Konačno, pogrešno je pretpostaviti da podaci koji se koriste u istraživanjima produktivnosti imaju istu bazu podataka. Produktivnost se ne temelji na cijenama plaća ili troškovima. Iz tog razloga nije prikladno kombinirati stopu plaća, sati i materijalne količine radi usporedbe produktivnosti [3].

3. MJERENJE PRODUKTIVNOSTI RADNE SNAGE

Različite mjere produktivnosti služe za različite svrhe. Važno je odabrati mjeru prikladnu svrsi. Thomas i sur. [9] definirali su različite aspekte mjera kako slijedi:

3.1. Ekonomski modeli

Koriste definiciju produktivnosti u sljedećem obliku:

Ukupna produktivnost faktora

$$(TFP) = \frac{\text{ukupni izlaz}}{\text{rad+materijal+strojevi+energija+kapital}} = \frac{\text{Vrijednost izlaza u dolarima}}{\text{Vrijednost ulaza u dolarima}}$$

TFP je stvarno ekonomski model mjeren u smislu dolara, budući da su dolari jedina mjera zajednička za oba ulaza i izlaza. Razne agencije mogu izmijeniti ovu formulu dodavanjem troškova održavanja ili brisanja troškova energije ili kapitala. Izlazi se izražavaju u smislu funkcionalnih jedinica. Na primjer, Savezna uprava za autoceste može biti zainteresirana za:

$$\text{Produktivnost} = \frac{\text{izlaz}}{\text{dizajn+inspekcija+konstrukcija}} = \frac{\text{duljina autoceste}}{\text{dolar}}$$

Definicija je također korisna u kreiranju politike i za široko planiranje programa. Jednadžba također podliježe značajnim netočnostima kada se primjenjuju na pojedine projekte [7].

3.2. Modeli specifični za projekt

Točnija definicija koju vladine agencije mogu koristiti za specifično planiranje programa i privatni sektor za konceptualne procjene pojedinih projekata je:

$$\text{Produktivnost} = \frac{\text{izlaz}}{\text{rad+strojevi+materijal}} = \frac{\text{površina}}{\text{dolar}}$$

Profesionalni dizajneri koriste podatke o produktivnosti u ovom obrascu [7].

3.3. Modeli usmjereni na aktivnosti

Izvođač vjerojatnije definira produktivnost pomoću usko definirane inačice u poglavlju 3.2., gdje su jedinice izlaza specifične za generičke vrste rada. Tipične jedinice su kvadrati, tona i četvornih stopa. Različite srodne aktivnosti, kao što su oplata, čelična armatura i betoniranje, mogu se kombinirati pomoću koncepta zarađenih vrijednosti. Produktivnost se izražava kao jedinica izlaza po dolaru ili radnom satu. Na projektnom mjestu, izvođači su često zainteresirani za produktivnost rada. Može se definirati na jedan od sljedećih načina.

$$\text{Produktivnost rada} = \frac{\text{izlaz}}{\text{cijena rada}} \quad \text{ili} \quad \frac{\text{izlaz}}{\text{radni sat}}$$

Ne postoji standardna definicija produktivnosti, a neki izvođači koriste obrnutu jednadžbu:

$$\text{Produktivnost rada} = \frac{\text{cijena rad ili radni sat}}{\text{izlaz}} [7].$$

Ova jednadžba često se zove jedinična stopa. Ipak, drugi poduzetnici oslanjaju se na faktor izvedbe kao mjeru produktivnosti.

$$\text{Faktor performansi} = \frac{\text{procjena jedinične cijene}}{\text{stvarna jedinična cijena}}$$

Drugi pojmovi, poput učinkovitosti, često se koriste sinonimno s produktivnošću rada. Jedinica za upravljanje građevinarstvom na Sveučilištu Dundee mjeri produktivnost rada na tri različita načina:

- $\frac{\text{izlaz}}{\text{ukupno vrijeme}}$ gdje je ukupno vrijeme ukupno plaćeno vrijeme
- $\frac{\text{izlaz}}{\text{dostupno vrijeme}}$ gdje je dostupno vrijeme ukupno vrijeme minus nezaobilazna kašnjenja, uglavnom stanke i vremenske prilike
- $\frac{\text{izlaz}}{\text{produktivno vrijeme}}$ gdje je produktivno vrijeme dostupno vrijeme minus zakašnjenja koja se mogu izbjeći [7].

3.4. Osnovna produktivnost

Budući da poremećaji negativno utječu na produktivnost rada, najbolja produktivnost javlja se kad postoji malo ili nimalo poremećaja. Ova najbolja produktivnost naziva se osnovnom produktivnošću. Osnovna produktivnost se izračunava primjenom sljedećih koraka na dnevne vrijednosti produktivnosti:

- (A) Odredite broj radnih dana koji čine 10% od ukupnog radnog dana.
- (B) Okrugli ovaj broj na sljedeći najviši neparni broj; Taj broj ne smije biti manji od 5. Ovaj broj, n , određuje veličinu (broj dana u) osnovnom podskupu.
- (C) Sadržaj osnovnog podskupa je n radni dan koji ima najveću dnevnu proizvodnju ili izlaz.
- (D) Za ove dane, imajte na umu dnevnu produktivnost.
- (E) Osnovna produktivnost je srednja vrijednost dnevne produktivnosti u osnovnom podskupu [7]."

Ibbs i Liu kritizirali [10] su Thomasovu osnovnu metodu i izjavili da je "vrlo subjektivan". Nema dokaza da je 10% cjelokupne dnevne produktivnosti razumno ili dobro prihvaćeno postotak da bi predstavljalo najbolju izvedbu koju bi izvođač mogao postići. Svaki je projekt drugačiji. Štoviše, ovih 10% uzorka vjerojatno je 10% vremena provedenog na sličnim radovima, a ne 10% ukupnog projekta, koji se može sastojati od niza sasvim različitih kategorija radova. Međutim, Thomas nije bio jasan o tome. Ovaj postupak odabire sadržaj osnovnog podskupa "kao n radnih dana koji imaju najveću dnevnu proizvodnju ili izlaz". Dnevna se proizvodnja može maksimalizirati prema veličini posade. Stoga bi određeni dani mogli biti odabrani kao polazna linija, što doista ne ukazuje na postignutu produktivnost. "Ibbs i Liu [10] uvode novu metodu pod nazivom " *K-means clustering* " za izračun osnovne produktivnosti koja nadilazi takve slabosti, Lin i Huang [11] uveli su analizu obuhvata podataka (DEA) kao novu metodu za dobivanje osnovne produktivnosti. Usporedili su ga s ostalim četiri osnovne metode za izračun produktivnosti (mjerena milja, Thomas, kontrolni grafikon i K-znači klasteriranje). DEA se zaključuje kao najbolja metoda u smislu

objektivnosti, učinkovitosti i dosljednosti za pronalaženju BP koji predstavlja najbolju izvedbu koju izvođač može postići. Sposobnost proizašla iz produktivnosti višestrukih ulaznih i višestrukih izlaznih proizvodnih aktivnosti, predložena DEA je povećala produktivnost rada od razine produktivnosti jednostrukog čimbenika do ukupne faktorske produktivnosti (TFP), što će pomoći građevinskim istraživačima i menadžerima za procjenu izvedbe na mnogo učinkovitiji način [7].

3.5. Koncept „izmjerene milje“

Prema Thomasu [12] „izmjerena milja“ (*measured mile*) je koncept, a ne postupak. Izmjerena milja su kontinuirani vremenski periodi kada je produktivnost rada neodgovarajuća. Pristup izmjerene milje uspoređuje razdoblje s nepodudarnim vremenom od istog projekta. Utjecajna i neprimjerena razdoblja moraju imati iste resurse. Samo će se radni uvjeti razlikovati, a samo zbog utjecaja zbog vlasnika. Razlika u produktivnosti je neučinkovitost / gubitak zbog takvog utjecaja. U slučajevima izgradnje potraživanja za gubitkom radne snage, mjerena milja najčešće je prihvaćena od strane sudova i odbora. Stopa uspjeha za gubitak zahtjeva za produktivnost je niska jer uopće nema opsežne metodologije za kvantifikaciju šteta i, posebno, nijednu rigoroznu metodologiju za razvoj i primjenu „izmjerene milje“ [12] koncepta. Ibbs [13] je uveo niz smjernica koje mogu koristiti izvođači, konzultanti, vlasnici i druge zainteresirane strane za razvoj i primjenu izmjerenih milja za kvantificiranje gubitka produktivnosti rada na osporenim projektima, bilo na budućnosti ili retrospektivno. Oni također mogu pomoći pri prijedlozima za promjenu cijena na naprijed. Isto tako, oni mogu pomoći u smanjenju nesigurnosti i nedosljednosti u gubitku zahtjeva i potraživanja za produktivnost, za izgradnju je isplativiji [7].

3.6. Kumulativna produktivnost

Kumulativna produktivnost je kompilacija svih radnih sati naplaćenih aktivnostima podijeljen s ukupnim količinama instaliranima do danas. Izračunava se pomoću sljedeće jednadžbe:

$$\text{Kumulativna produktivnost} = \frac{\text{ukupni radni sati za pjedini posao}}{\text{ukupno izvršenog posla}}$$

Primarna upotreba kumulativnih izračuna produktivnosti je procijeniti kako se rad kreće u cjelini i predvidjeti konačnu stopu produktivnosti po završetku aktivnosti [7].

3.7. Indeks upravljanja projektom (PMI)

Rad koji treba obaviti definira se ugovornim dokumentima i naziva se radni sadržaj. Radno okruženje definira uvjete pod kojima se rad zapravo radi. Uprava ima primarnu kontrolu nad tim čimbenicima. Budući da osnovni podskup sadrži najviši izlaz, tako da predstavlja podatke koje ne utječe na radno okruženje, a prvenstveno utječu na sadržaj rada ili složenost dizajna. Ovaj parametar projekta ima ograničenu korisnost, osim ako se ne može usporediti sa sličnim parametrima izračunatim iz drugih projekata ili drugih aktivnosti na istom projektu. Dakle, potrebno je normalizirati utjecaj menadžmenta u ne-dimenzionalni parametar nazvan indeks upravljanja projektom (*Project management index-PMI*).

$$\text{Indeks upravljanja projektom (PMI)} = \frac{\text{Kumulativna produktivnost} - \text{Osnovna produktivnost}}{\text{Osnovna produktivnost}}$$

Što je vrijednost PMI manja, to je bolje. Niža numerička vrijednost kumulativne produktivnosti znači bolju produktivnost. Budući da je produktivnost osnovne linije najbolja (veća) produktivnost unutar projekta, ona bi trebala biti najniža numerička vrijednost (W h / jedinica) i uvijek je niža od kumulativne vrijednosti produktivnosti. Stoga, vrijednost PMI ne bi trebala biti negativna vrijednost. Ako bismo primijenili metodu Thomas [14], s njegovim slabostima, postojali bi dani koji bi se mogli odabrati kao osnovica koja doista ne ukazuje na najbolju (višu) produktivnost. Prema tome, vrijednost PMI-a, koristeći ovu metodu, može biti negativna pa je vrijedno primijetiti i razumjeti ovaj slučaj [7].

3.8. Faktori pretvorbe

Kada radna grupa obavlja različite radove u jednom radnom danu, mogu se pojaviti problemi. Slijedi nekoliko primjera vrsta raznolikosti dnevne proizvodnje.

- Jedinica betonske oplata radi na zidu, stupu i oplatama ploča istodobno.
- Posada metalne ploče podiže nekoliko veličina kanala, plus lamele, prigušivače i otvore.

Upotrijebite ponderirani prosječni pristup za kombiniranje količina u ekvivalentnu količinu jedne jedinice tipa ili veličine (naziva se standardna stavka) uključuje korištenje faktora konverzije.

$$\text{Faktor pretvorbe}_{ij} = \frac{\text{Jedinična stopa za dotičnu stavku}}{\text{Jedinična stopa standardne stavke}}$$

Gdje je i = broj stavke i j = broj ručnog broja. Za svaki je priručnik ili izvor izračunat jedinstveni skup faktora konverzije [7].

3.9. Tehnike mjerenja produktivnosti

Postoje mnoge tehnike mjerenja produktivnosti koje se mogu koristiti za mjerenje produktivnosti građevinske radne snage. Mjerenje produktivnosti može biti najkorisnije kada se koriste različite tehnike. Najčešće korištene tehnike uključuju:

- (A) Tehnika uzorkovanja aktivnosti.
- (B) Tehnika provjere zakašnjenja nadzornika.
- (C) Tehnika mjerenja vremena.
- (D) Tehnika analize pokreta.
- (E) Tehnika vremenske raspodjele grupe.

Prikupljeni podaci moraju se baviti ulazima sustava koji se proučava, kao i informacije o različitim komponentama sustava i međusobnim vezama. Prikupljeni podaci moraju se pravodobno povezati s problemom koji se proučava. Moraju se utvrditi vrste prikupljenih podataka. Također, mora se ilustrirati opseg prikupljenih podataka. Vrlo je važno razlikovati mjerenje produktivnosti i rad studija. Mora se prepoznati da pojmovi produktivnosti, radna studija i mjerenje rada nisu međusobno zamjenjivi. Radna studija je sustavna studija radnih sustava u svrhu pronalaženja i standardizacije metode s najnižim troškovima, utvrđivanja standardnih vremena i pomaganja u obuci u poželjnoj metodi. Rad studija ponekad se zove vrijeme i gibanje studija [7].

3.10. Teškoće u mjerenju produktivnosti

Reamon Fayek Aziz [15] navodi sljedeće teškoće u mjerenju produktivnosti:

- (A) Mjerenje izlaza čije se karakteristike mogu mijenjati tijekom vremena.
- (B) Definiranje i mjerenje poteza i ulaza stvarnog kapitala kao i ulaznih radnih mjesta kada su obilježja oba čimbenika različita i mijenjaju se.
- (C) Promjene u općoj razini cijena.
- (D) Promjene u opskrbi, potražnja ravnoteže za određeni resurs.
- (E) Promjene u kvaliteti izlaza [15].

4. Gubici produktivnosti (LOP)

4.1. Gubici produktivnosti (LOP) zbog promjena

Ne samo da je produktivnost važna u projektima, nego je i osjetljiva na promjene, što je zajedničko projektima. Manje od očekivane produktivnosti može uzrokovati značajne financijske gubitke. Ako su ti gubici posljedica smetnji ili događaja, a ne odgovornost izvođača radova, izvođač može biti sposoban nadoknaditi ove troškove od odgovornog subjekta kroz gubitak zahtjeva za produktivnost [16]. Ovi gubici nazivaju se gubitkom produktivnosti (*Loss of Productivity* - LOP). LOP izračun je jedno od najvažnijih područja građevinskih zahtjeva.

U ovom izvješću, LOP se mjeri PR (produktivnim omjerom) ili gubitkom postotka. Omjer produktivnosti određen je omjerom stvarne produktivnosti i optimalne produktivnosti. Gubitak postotka produktivnosti definiran je kao dodatno vrijeme provedeno po jedinici rada. Odnos između PR i gubitka postotka produktivnosti je ovakav izvješća [6]:

$$\text{Postotak gubitka} = 1/\text{PR} - 1 \text{ [6]}.$$

4.2. Zahtjev izvođača za priznavanje gubitaka produktivnosti

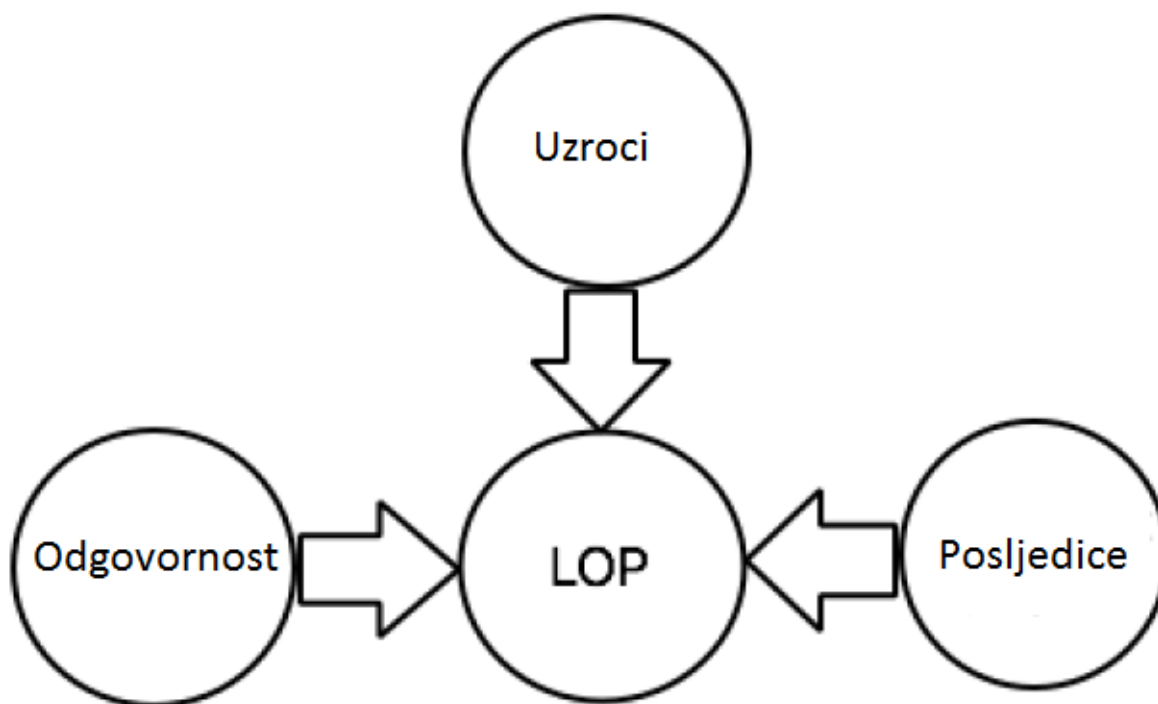
Jednostavno doživljavanje neučinkovitosti radne snage ne znači da će izvođač imati pravo opravdati gubitke kod vlasnika. Da bi se te štete mogle nadoknaditi, izvođač mora dokazati tri elementa u zahtjevu LOP-a: uzročnosti, odgovornosti i posljedične štete (žalba *Centex Bateson Construction Co.*); Vidi sliku 1. U ovom izvješću razmotrit ćemo da je poduzetnik ili kooperant tužitelj i vlasnik koji je tuženik. Moguće je da je obrnuto istinito. Uzrok zahtjeva od izvođača da dokazuje da je LOP uzrokovan vlasničkim ponašanjem ili radnjama, a ne zbog izjavljivača neuspjeha procjene ispravnog posla, nemogućnosti pravilnog rasporeda posla ili neodgovaranja radova. Odgovornost ima dvije komponente:

1) Zakonsko pravo na oporavak na temelju "odredbe o dodjeli lijekova u ugovoru" ili vlasnika "kršenja ugovora"

2) Vlasnik je učinio nešto što je otežalo izvođenje radova.

Konačni kvantni element zahtjeva od izvođača kvantificiranje izgubljene produktivnosti i troškova povezanih s LOP-om. "(Jones, 2003 [17]).

LOP uzročnost i pravo teško je utvrditi (AACE-Association for the Advancement of Cost Engineering 2004 [18]) [6].



Slika 1. Tri elementa za postizanje LOP-a [6]

4.3. Metode mjerenja gubitaka produktivnosti (LOP-a)

Postoji nekoliko načina za izračun gubitka produktivnosti uzrokovane promjenama. Prvo i najvažnije je stvarno, pažljivo i suvremeno mjerenje radnog vremena potrebnog za obavljanje promjena posla. Međutim, takvo izravno mjerenje u stvarnom vremenu nije uvijek moguće. Mjerenje LOP-a je teško. Standardne kategorije troškovnih računa i standardne monetarne kategorije ne dovode do nužne kvantifikacije LOP-a. Dobro je poznato da izvođač radova ne mora dokazati svoj LOP s matematičkom točnošću, a MCAA- *Mechanical Contractors Association of America* metoda, kao i svaka metoda, zahtijeva od korisnika da pažljivo razmotre narativne činjenice i projektne događaje ili prekretnice s trendovima prikazanim brojevima (MCAA 2016 [19]). Široko prihvaćeni pristup je izmjerena milja analiza. To je usporedba stvarne produktivnosti radnika tijekom relativno nepovezanih razdoblja i stvarne produktivnosti rada tijekom razdoblja koje su utjecale na promjene ili drugi događaji uzrokovani vlasnicima (Long 2005 [20]). Međutim, izmjerena milja ne može se primijeniti na mnoge projekte zbog nedostatka detaljnog zapisa o produktivnosti i nedostatka prikladnih ili usporedivih područja ili vremenskih okvira koji nisu pod utjecajem (MCAA 2016 [19]). Metoda ukupne cijene također je često korištena metoda za zahtjev za produktivnost. Jednostavno je "razlika između ukupnog troška rada i ukupnog plaćenog troška rada" (AACE, 2004 [18]). Ova metoda je mnogo lakša za izračunati i ne oslanja se na detaljne zapise. Metoda modificiranog ukupnog troška jednaka je metodi ukupnog troška, osim što "izvođač oduzima poznate pogreške u licitaciji, prekomjerne troškove, terenske probleme za koje je izvođač bio odgovoran" (AACE 2004 [18]). Međutim, pretpostavlja se da je prekoračenje troškova krivnja okrivljenika. Ova metoda je najmanje poželjna, i prema Servidone Constr. Corp. protiv Sjedinjenih Država, primjenjuje se samo kada [6]:

1. Stvarni gubici izvođača radova su nepraktični za dokazivanje.
2. Procjena ponude ugovaratelja bila je razumna.
3. Stvarni troškovi izvođača bili su razumni.
4. Izvođač nije bio odgovoran za bilo koji od povećanja troškova.

Kao što je spomenuto, obje izmjerene milje i metode ukupnih troškova imaju ograničenja. Osim ove dvije metode, objavljene studije i priručnici također se mogu koristiti za dokazivanje gubitaka. Harmon i Cole (2006) [16] napravili su pregled 21 priručnika i studija, a za njih 16 nije bilo ni slučaja niti su od strane Odbora utvrdili da su se ta djela bila korisna. Izvješće o poslovnom okruglom stolu (BRT- *Business Roundtable* [21]) "Planirano prekovremeni učinak na projekt izgradnje" prihvaćen je od strane Odbora i sudova jednom u *Ace Constructors, Inc.* protiv SAD-a, a MCAA metodu više su puta prihvaćali odbori i sudovi, kako je raspravljeno kasnije. Situacije na licu mjesta obično su komplicirane. Moglo bi postojati mnogo razloga za LOP, a neki su eventualno problemi s okrivljenikom, a neki ne. Nije lako shvatiti uzročno-posljedične lance koji dovode do gubitka produktivnosti. Metode višestrukih faktora su metode za izračunavanje produktivnosti ili LOP-a uvrštavanjem više čimbenika i dodjeljivanjem množitelja za svaki čimbenik te pročešljavanje pojedinih faktorskih gubitaka. Oni zahtijevaju od korisnika da opišu problem kroz čimbenike i stoga vjerojatno mogu bolje objasniti situaciju. Metoda MCAA je specifičan primjer faktorske metode [6].

5. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PRODUKTIVNOST U GRAĐEVINARSTVU

Glavni problemi građevinske industrije su: njezina smanjena stopa produktivnosti i nedostatak standarda produktivnosti. Postoje brojni čimbenici koji utječu na produktivnost rada. Ti čimbenici mogu biti klasificirani kao [7]:

- Čimbenici vezani uz industriju.
- Čimbenici vezani uz upravljanje.
- Čimbenici povezani s radom.

Čimbenici povezani s industrijom su poput faktora dizajna (ponavljanje i složenost), građevnih kodova, građevinske tehnologije, zakona i propisa, čimbenika radnih mjesta (trajanje radnog mjesta, veličina posla i vrste posla), nepoželjni vremenski uvjeti i sezonska i lokacija. Građevinski projekti u vrućim vremenskim uvjetima trebali bi primjenjivati sigurnosne propise vrućeg vremena. Većina propisa razmatra učinak kombinacije temperature okoline i relativne vlage u jednom terminu pod nazivom Toplinski indeks stresa.

$$HI = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 \cdot 10^{-3}T^2 - 5.481717 \cdot 10^{-2}R^2 + 1.22874 \cdot 10^{-3}T^2R + 8.5282 \cdot 10^{-4}TR^2 - 1.99 \cdot 10^{-6}T^2R^2 \quad [13]$$

Gdje T = sobna temperatura (° F), R = relativna vlažnost (cijeli broj postotaka). Budući da je ova jednadžba dobivena višestrukom regresijskom analizom, vrijednost toplinskog indeksa (HI) ima pogrešku od ± 1.3 ° F. Iako su temperatura i relativna vlažnost jedine dvije varijable u jednadžbi, sve druge varijable utječu na toplinski indeks sU. Indeks topline varira s vremena na vrijeme tijekom dana; Propisi o sigurnosti na licu mjesta za veliki projekt nafte i plina u zaljevu odredili su određeno vrijeme odmora za radnike [7].

Primjer. Ako uzmemo u obzir temperaturu okoline i relativnu vlažnost od 40 ° C (96 ° F) i 60%, zamjenom u jednadžbi 2-20 dobit ćemo vrijednost indeksa topline od 111,69 ° F (49,6 ° C). Dobivena vrijednost stavlja ovaj slučaj u opasnu zonu (46-53 ° C).

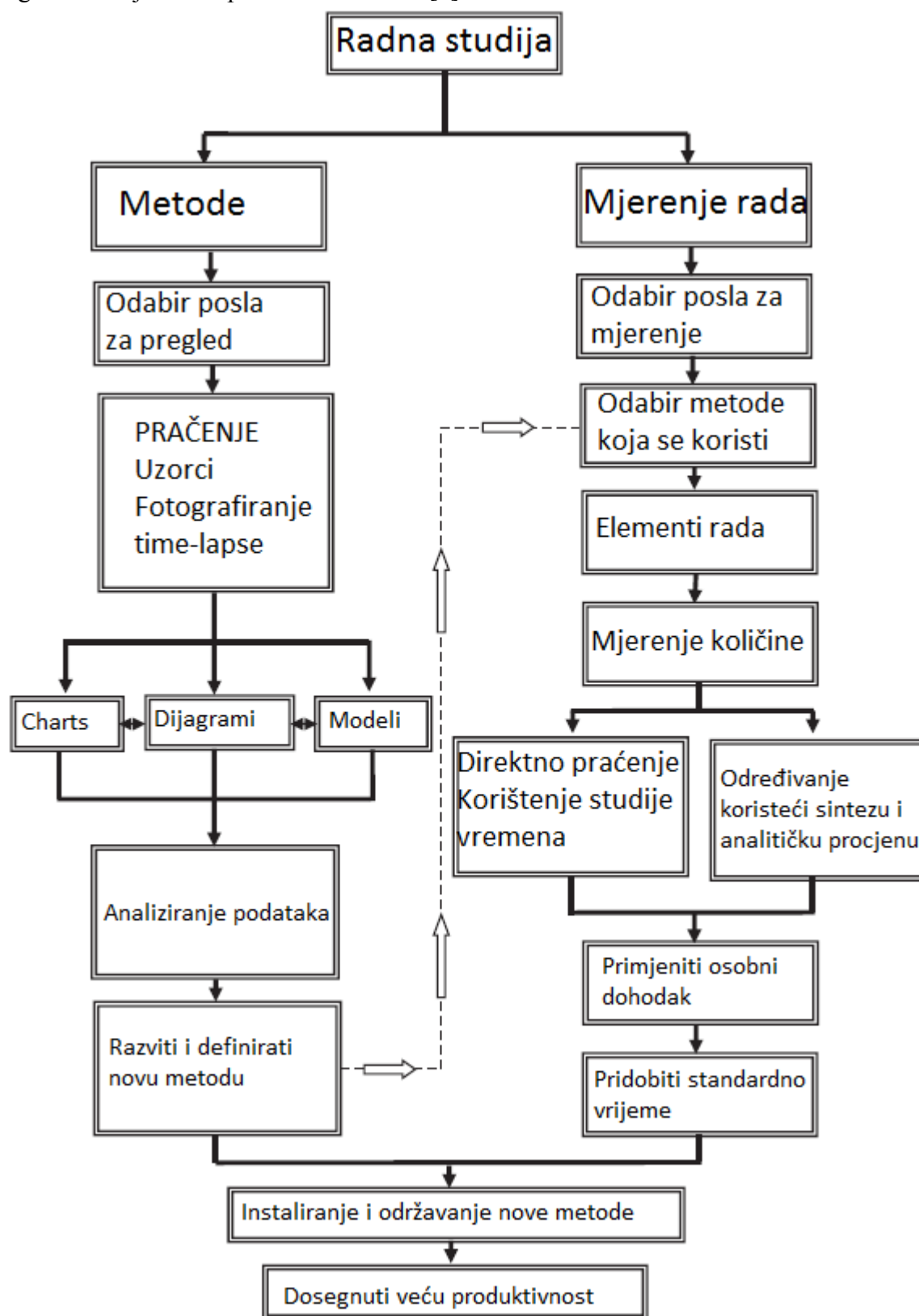
Maloney piše [22], „Vladine odredbe utječu na produktivnost. Takvi propisi kao što su građevinski kodeksi, zaštita na radu i zdravlje te afirmativna akcija imaju značajan utjecaj na produktivnost građevinske radne snage [22]“.

Čimbenici vezani uz upravljanje su poput planiranja i raspoređivanja, vodstva, motivacije i komunikacije. Logcher i Collins [23] dali su osnovna znanja o glavnim čimbenicima strategije upravljanja i izjavili: "Ono što je potrebno je temeljno znanje o tome kako glavni čimbenici strategije upravljanja, razvedeni od sredstava, metoda, materijala i uvjeta rada, neovisno utječu na radnu snagu. Ti čimbenici uključuju [23]:

- (1) razinu upravljanja i koordinacije na licu mjesta;
- (2) sigurnost zaposlenika radnika;
- (3) iskustvo rada;
- (4) dugoročni rad radnika;
- (5) kašnjenja;
- (6) prekida u radu.

Ostale odluke o upravljanju značajno utječu na produktivnost rada, posebno na odluke vezane uz protok muškaraca i materijala na gradilištu. Međutim, ove su akcije osobito uvjetovane

uvjetima posla." Čimbenici povezani s radom su poput radne sposobnosti, motiva i raspoloživosti radne snage. Radnici moraju posjedovati sposobnost i znati vještine u obavljanju zadatka. Adekvatnost dostupne opskrbe osposobljenih kvalificiranih radova zasigurno će utjecati na produktivnost rada [7].



Slika 2. Proces studije rada [9]

Područje istraživanja koje proučava različite čimbenike koji utječu na produktivnost građevinske radne snage vrlo je dokumentirano i prostrano. Značajan rad tijekom posljednja četiri desetljeća otišao je u identifikaciju čimbenika koji utječu na produktivnost građevinske radne snage. Dok su produktivnost graditeljstva i produktivnost graditeljske radne snage uzeti kao sinonim nekih autora, postoji značajna razlika među različitim čimbenicima koji utječu i kako se ne čine na istoj razini: produktivnost građevinskih radova je podskup produktivnosti građevine. Većina studija kategorizira čimbenike pomoću dvostrukog sustava. Na primjer, četiri kategorije čimbenika koji utječu na produktivnost građevinske radne snage su: organizacijski, ekonomski, fizički i socio-psihološki. Autori nastavljaju prepoznavati 36 osnovnih čimbenika unutar tih kategorija. Rojas i Aramvarekul također razvijaju četiri kategorije: industrijsko okruženje, radnu snagu, sustav upravljanja i strategije i vanjske uvjete, kao i identificiranje 18 osnovnih čimbenika unutar tih kategorija. Dozzi i AbouRisk identificiraju 9 kategorija i 44 temeljna čimbenika. Enshassi i sur. identificiraju 10 kategorija i 45 osnovnih čimbenika. Dai et al. identificiraju 12 kategorija i 83 osnovnih faktora, i tako dalje. Razvijeno je više čimbenika kako za kategoriju tako i za temeljni čimbenik. Na primjer, motivacija kao čimbenik koji utječe na produktivnost rada predstavljen je kao kategorija kod Dozzi i AbouRisk, Enshassi, et al.] i Rivas i sur., među ostalima, koji zatim nastavljaju razvijati temeljne čimbenike koji utječu na motivaciju radnika. S druge strane, motivacija je predstavljena kao temeljni čimbenik među mnogim drugim poput Dai et al., Rojas i Aramvarekul, i Adrian. Jasno je da, iako postoji relativni konsenzus oko čimbenika koji utječu na produktivnost građevinske radne snage u literaturi, kategorizacija ovih čimbenika nije bila konzistentna. Iz literature se pojavljuje trend u kojem se čimbenici odnose na određenu razinu granularnosti - okoliš, industriju, organizaciju, projekt ili pojedinca. Na individualnoj razini ti su čimbenici dalje povezani s određenim individualnim vještinama ili atributima (tj. ljudskim čimbenicima) - upravljanjem, nadzorom i radom. Nekoliko je studija pokušalo razraditi različite načine povećanja produktivnosti na razini zadataka rješavanjem tih čimbenika. Te se mogućnosti mogu svrstati u četiri kategorije: sustave upravljanja, radnu snagu, tehnologiju i nove tehnike. Međutim, prema Rojas i Aramvarekul, poboljšanje produktivnosti je pitanje upravljanja, stoga bi uvođenje novih tehnika ili tehnologija moglo biti potrebno, ali nije dovoljno za poboljšanje produktivnosti. Uvođenje BIM-a u proces isporuke projekta izaziva ove nalaze jer predstavlja rješenje koje obuhvaća i menadžerski i tehnološki aspekt. Osim toga, prema CII, ekonomska istraživanja pokazala su da tehnološki trendovi imaju veći utjecaj na produktivnost rada nego o multi-faktorskim mjerama produktivnosti. U svjetlu toga, ulaganja u novu opremu i tehnologiju mogu poboljšati produktivnost rada organizacije, ali njezini čimbenici produktivnosti zapravo se mogu smanjiti ako relativno povećanje troškova opreme nadilazi relativnu uštedu troškova rada i dobitaka u proizvodnji. Provođenje BIM-a suočava se s tim izazovima, dok ulaganja u BIM imaju potencijal da nadvladaju sve dobitke ostvarene njezinom provedbom [5].

5.1. Metoda MCAA

Prepoznavajući važnost i ranjivost produktivnosti na široku lepezu uvjeta projekta, MCAA razvio je tablicu čimbenika koji mogu utjecati na produktivnost rada (MCAA 2016 [19]). Opis MCAA faktora "razvio je Odbor za upravljanje metodama MCAA koji počinje u kasnim šezdesetim godinama prošlog stoljeća i nastavlja se početkom 1970-ih ... u najboljem trenutku MCAA-inog trenutnog znanja, podaci sadržani u MCA faktorima okupljeni su anegdotalno od brojnih visoko iskusnih članova Odbora za upravljanje metodama MCAA-a. "Postotak gubitaka u tablici dali su tvrtke članice MCAA i finalizirane Odborom za metode upravljanja (MCAA 2016 [19]). Ovaj pristup može također biti koristan u procjeni LOP-a koji je povezan s različitim stupnjevima takve promjene. Građevinska industrija je godinama prihvatila tu tablicu kao jedan od pristupa za mjerenje LOP-a. MCAA prvi put je ponudio "Faktore koji utječu na produktivnost rada" u priručniku metoda upravljanja 1971. godine (MCAA 2016 [19]). Model MCAA Factor navodi šesnaest čimbenika za koje se vjeruje da povređuju produktivnost rada kada se neočekivano pojavljuju na projektu. Za svaki od tih čimbenika postoji tipični postotak LOP, ovisno o tome da li se faktor javlja u manjem, srednjem ili teškom stupnju [6]. Vidi tablicu 1.

Tablica 1. MCAA faktori [19]

	% gubitka po faktoru		
	Mali	Srednji	Veliki
F1. GOMILANJE PRODAJE: Operacije se odvijaju unutar fizički ograničenog prostora s drugim izvođačima. Rezultata zagušenjem osoblja, nemogućnost lociranja alata, povećani gubitak alata, dodatne sigurnosne opasnosti i povećanje posjetitelja. Nije moguće koristiti optimalnu veličinu posade.	10	20	30
F2. MORAL I PONAŠANJE: Prekomjerna opasnost, konkurencija za prekovremeni rad, česta inspekcija, višestruke promjene u ugovoru i predradu, poremećaj ritma rada i raspoređivanja, loši uvjeti na mjestu rada itd.	5	15	30
F3. POVRATAK RADNE SNAGE: Gubitak se događa s često premještavanim ljudima zbog neočekivanih promjena, pretjeranih promjena ili zahtjeva da se ubrza ili prekine završetak određenih radnih faza. Priprema nije moguća za uredno mijenjanje.	5	10	15
F4. NEUČINKOVITOST VELIČINE: Dodatni radnici postojećim posadama "razbijaju" originalni timski napor, utječe na ritam rada. Primjenjuje se i na osnovno radno vrijeme, dodajući još radne snage na tekuće građevinske radove.	10	20	30
F5. ISTOVREMENE OPERACIJE: Skladištenje vlastite snage ovog izvođača. Učinak dodavanja operacije već planiranom slijedu operacija. Ako se postupno i kontrolirano provode dodatne operacije, faktor će se primjenjivati na sva preostala i predložena radna vremena.	5	15	25
F6. NADZOR: Primjenjuje se na osnovni ugovor i predloženu promjenu. Nadzor mora biti preusmjeren na (a) analizu i planiranje promjena, (b) zaustavljanje i replaniranje ugroženog rada, c) uzimanje, naručivanje i ubrzanje materijala i opreme, (d)	10	15	20

uključivanje promjene u raspored, (e)pomaganje predradnika i radnika (f) nadgleda radove u tijeku, i (g) revidira liste selekcija, ispitivanja i zahtjeve za pokretanje.			
F7. VRIJEME UČENJA: Razdoblje orijentacije kako bi se upoznali s promijenjenim uvjetima. Ako se dodaju novi muškarci za projekt, učinci će biti ozbiljniji dok nauče lokacije alata, radne procedure itd. Promet posade.	5	15	30
F8. POGREŠKE I OTKAZIVANJA: Povećanje pogrešaka i propusta jer se promjene obično izvode na osnovi sudara, odsječka ili uzrokuju razrjeđivanje nadzora ili bilo koji drugi negativni čimbenik.	1	3	6
F9. KORISNO ZA KORISNIKE: Rad iznad, okolo ili u neposrednoj blizini osoblja ili proizvodne opreme vlasnika. Također su ograničenja buke, prašina i posebni sigurnosni zahtjevi i ograničenja pristupa zbog vlasnika. Korištenje prostora vlasnika prije završetka ugovora.	15	25	40
F10. ZAJEDNIČKA ZADOVOLJSTVA: Promjene uzrokuju da rad koji treba izvršiti dok je objekt zauzet drugim poslovima i ne očekuje se u originalnoj ponudi.	5	12	20
F11. PRISTUP RADNOM MJESTU: Smetnje s prikladnim pristupom radnim područjima, lošem upravljanju ljudskim resursima ili velikim i zagušenim gradilištem.	5	12	30
F12. LOGISTIKA: Vlasnik opremljen materijalima i problemima koji se bave njegovim ljudima u skladištu, bez kontrole nad protjecanjem materijala u radna područja. Također, ugovorne promjene uzrokuju probleme nabave i isporuke materijala te ponovno izdavanje zamjenskih materijala na licu mjesta.	10	25	50
F13. UMOR: Neuobičajni tjelesni napor. Ako se na nalog za promjenu reda i radnici vrate u osnovni ugovor, učinci također utječu na izvedbu na osnovnom ugovoru.	8	10	12
F14. POSLJEDIČNA VEZA: Promjene u radu drugih obrta koje utječu na naš rad, kao što je izmjena našeg rasporeda. Rješenje je zatražiti, na prvom sastanku na poslu, da se sve promijene obavijesti šalju našem upravitelju ugovora.	10	15	20
F15. PREKOVREMENI RAD: Smanjuje radni učinak i učinkovitost putem fizičkog umora i lošeg mentalnog stava.	10	15	20
F16. PROMJENA GODIŠNJIH DOBA I VREMENSKI HUVJETA: Ili vrlo vruća ili vrlo hladna vremena.	10	20	30

Postotci za svaku kategoriju kombinirat će se, a zatim pomnožiti s predloženim satima za promjenu. Primjer primjene modela koji se daje priručniku je sljedeći (MCAA 2016 [19]):

Tablica 2. Korištenje MCAA metode za izračun LOP-a [19]

Promijena reda procjene zanata Radno vrijeme:	2.750 sati
MCAA faktor:	
Neučinkovitost veličine posade	10%
Krivulja učenja	5%
Preraspodjela radne snage	5%
Ukupno	20%
Procjena gubitka produktivnosti	550 sati

(2,750 x 20%)	
Subtotal, Obrtni radni sati:	3.300 sati

Model naglašava da je "ovaj primer namijenjen planiranju, a ne izvoru za apsolutne postotke ili troškove". Drugim riječima, ispravno korištenje modela nužno zahtijeva razumno i informirano razumijevanje modela od strane analitičara koji razumije i pretpostavke i ograničenja modela, kao i činjenice slučaja [6].

5.2. Potreba studija o MCAA-u

Kao korisna i dobronamjerna MCAA metoda, ima mnoge nedostatke. Harmon i Cole (2006) [16] kritizirali su da je primjena čimbenika u velikoj mjeri subjektivna vježba zbog:

- 1) nedostatka informacija o sudionicima koji pružaju informacije (u MCAA faktorskom popisu) kao što su koliko godina su radili u industriji, titula, Iskustvo itd.;
- 2) nedostatak opisa onoga što čini manje, srednje ili teške uvjete;
- 3) neki čimbenici su duplicirani i ponavljajući;
- 4) ako se nepropisno primjenjuje, korištenje ove studije za kvantificiranje utjecaja na produktivnost moglo bi se nerealno povećati količinu izgubljenog radnog vremena.

Dieterle i Gaines (2010) komentiraju da:

- 1) ova metoda ne razlikuje ili adekvatno definira "malu, srednju i tešku";
- 2) istraživanje je bilo namijenjeno kao alat za unaprijed određivanje cijena koji će se koristiti u procjeni redoslijeda.

Jednostavno primjenu postotaka na stvarne troškove rada eksplicitno ne preporučuje publikacija. Rezultat tih nedostataka je nedosljedna primjena modela, s izvođačima (općenito u ulozi tužitelja), često preuveličavajući ozbiljnost utjecaja na njihov projekt. To dovodi do skepticizma i daljnjeg spora. Njegova stopa uspjeha je neravnomjerna, jer nema pouzdane smjernice (Ibbs i Vaughn 2015 [24]). Stoga postoji potreba za općim smjernicama o primjeni MCAA metode, što se odnosi na ovo istraživanje. Osim toga, popis čimbenika razvijen je 1971. i ostao nepromijenjen tijekom proteklih pola stoljeća. Tijekom tih godina mnogi su istraživači i instituti radili na LOP-u i objavili rezultate s jačom istraživačkom bazom. Odlučeno je i objavljeno mnogo slučajeva povezanih s LOP-om, a ta mišljenja sadrže važne informacije koje mogu poboljšati definicije i kvantitativne metode MCAA metode. Stoga postoji potreba za poboljšanjem same MCAA metode. U ovom izvješću dokumentiramo povijest MCAA metode, identificiramo tipične pogreške u svojoj prijavi i uspoređujemo ga s drugim studijama i dosadašnjim pravnim odlukama. Predložena poboljšanja modela nude se na temelju ove analize [6].

5.3. Cilj studije Ibbsa i Suna

Izvješće Ibbsa i Suna [6] cilja poboljšanja postojeće MCAA metode na temelju temeljitog proučavanja prethodnih zakonskih odluka i akademskih istraživanja. Pomoći će strankama da mjere gubitak produktivnosti uzrokovane promjenama projekta s jasnijom logikom i manje subjektivnosti. Nedostatke MCAA metode karakterizirane su kao primjenjene ili strukturne.

Problem primjene je stvar kako korisnici primjenjuju model. Primjeri uključuju primjenu previše čimbenika koji se međusobno preklapaju. Drugi uobičajeni problem je neuspjeh u pružanju dokaza o uzročnosti za svaki od faktora. Strukturni problemi uključuju:

- 1) nedostatak smjernica za odabir faktora i dokazivanje uzročnosti;
 - 2) nejasna definicija onoga što ti čimbenici znače i kako mogu utjecati na produktivnost rada;
 - 3) preporuke priručnika o postotku gubitaka nisu potvrđene stvarnim podacima o projektu.
- Osim toga, bez uputa o tome koliko se često pojavljuju "teški" projekti, korisniku je potrebno odlučiti hoće li njegovo stanje biti mala, prosječna ili teška ozbiljnost. Ovo istraživanje ima za cilj poboljšanje izvornog načina primjene modela i strukture modela. Struktura modela podrazumijeva točniju definiciju onoga što predstavlja narativni opis svakog faktora i njezin mogući učinak na produktivnost. Cilj je pružiti uvide i preporuke o kvantificiranju svakog faktorskog učinka. Publika su radnici, vlasnici i druge zainteresirane strane. Cilj je razviti bolje procjene LOP-a i pomoći strankama da brže i pravednije pregovaraju o naseljima [6].

5.4. Neučinkovitost veličine radne grupe

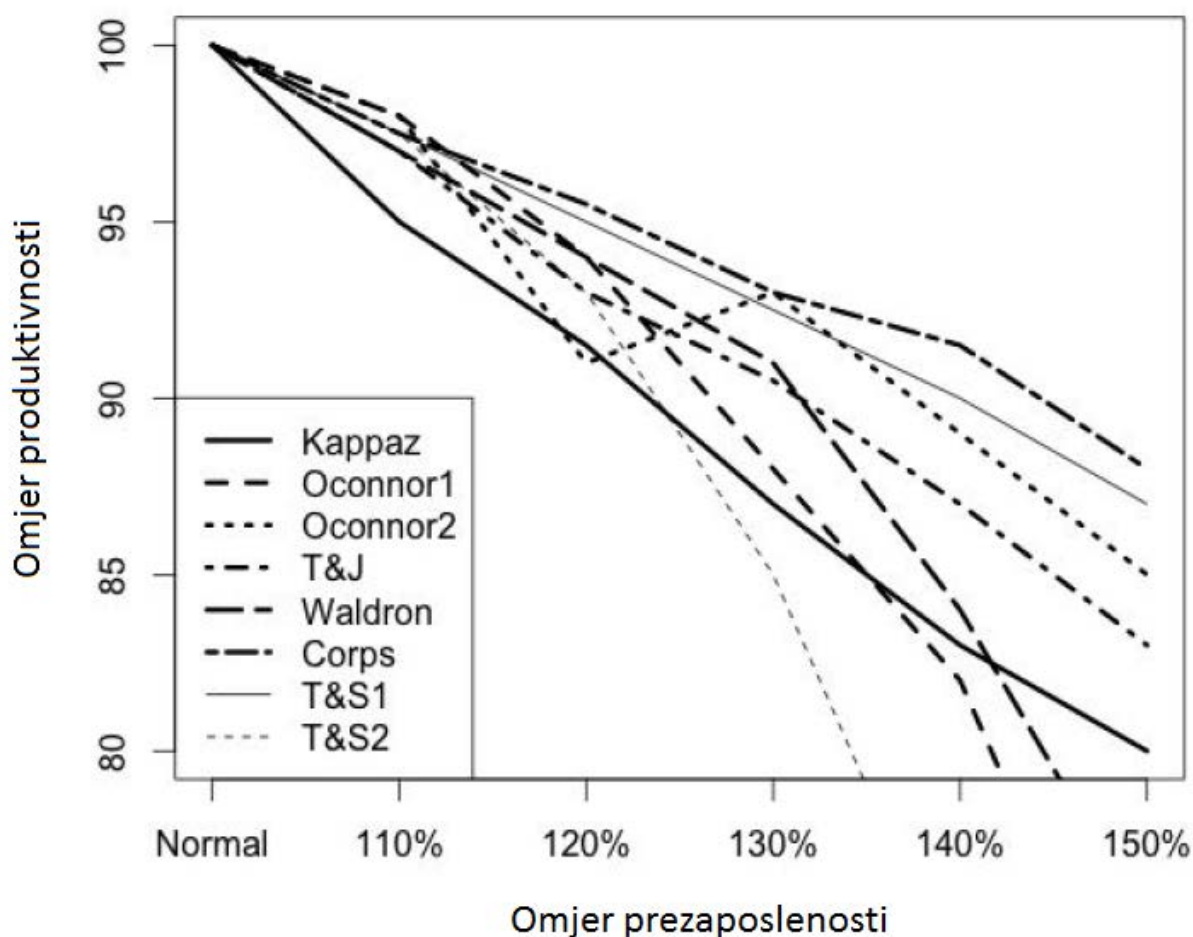
5.4.1. Prethodne studije o neučinkovitosti veličine radne grupe

Dodavanje više ljudi na licu mjesta jedan je od načina za ubrzanje napretka gradnje. Lee (2007) [25] i Thomas i Smith (1990) [26] su dvije studije koje su razgovarale o ovoj temi. Ukratko, pronađene su dvije metode kako bi se kvantificirao učinak prevelikog broja zaposlenika na produktivnost: jedan je kvantificirati LOP kroz prevelik broj zaposlenika (postotak dodatnih osoba dodanih na licu mjesta), a drugi je kvantificirati LOP kroz prostor po osobi [6].

5.4.1.1. Kvantifikacija kroz višu razinu (postotak više ljudi)

Općenito, ova metoda odnosi se na neučinkovitost veličine posade u MCAA faktorima. Određuje LOP na temelju postotka više ljudi dodanih u projekt. Određivanje je li projekt prekomjerno zaposlen može se temeljiti na povećanju broja vršnih vrijednosti ili prosječnom broju radnika (optimalno u odnosu na stvarni). Mnoge prethodne studije pokazuju da kad se povećava veličina posade, učinkovitost se smanjuje. Većina tih studija simulirala je učinak s linearnom krivuljom ili regresijskim modelom blizu linearne. Međutim, nisu pronađeni objavljeni podaci o ovoj temi, a većina prethodnih studija nije pružila informacije o normalizaciji i obradi njihovih podataka. Stoga nije moguće utvrditi vjerodostojnost na temelju kvalitete podataka i ispravnosti obrade podataka. Međutim, čini se da je većina prethodnih studija zasnovana na neovisnim podacima i može se koristiti za međusobno potvrđivanje. O'Connor i Waldron (1969) [27] koriste isti skup podataka. Studija se temeljila na izgradnji velikih centralnih stanica kotlova u dolini Ohio. Redak koji su dali u njihovom objavljenom dijagramu za prekoračenje broja zaposlenika u odnosu na produktivnost, prilično je glatka i nema daljnjeg objašnjenja te brojke. Kappaz (1977) [28] pružio je grafove koji pokazuju produktivnost u odnosu na prekomjernu zaposlenost. Kappaz nije objasnio izvor podataka svog grafikona. Thomas i Jansma (1985) [29] proučavali su projekt nuklearne elektrane, a prevelik broj zaposlenika mjeren je za vrhunsku radnu snagu (stvarni vrh iznad

planiranog vrha). Thomas i Smith (1990) [26] tvrdili su da su koristili neobjavljene podatke koje su dobili neki opći izvođači. Nisu dane daljnje pojedinosti o veličini podataka ili obradi podataka za bilo koju od tih studija. Slika 3. uspoređuje omjer višestrukog udjela prema produktivnosti na temelju prethodnih studija. Ova se brojka prilagođava iz (Lee 2007 [25]) [6].



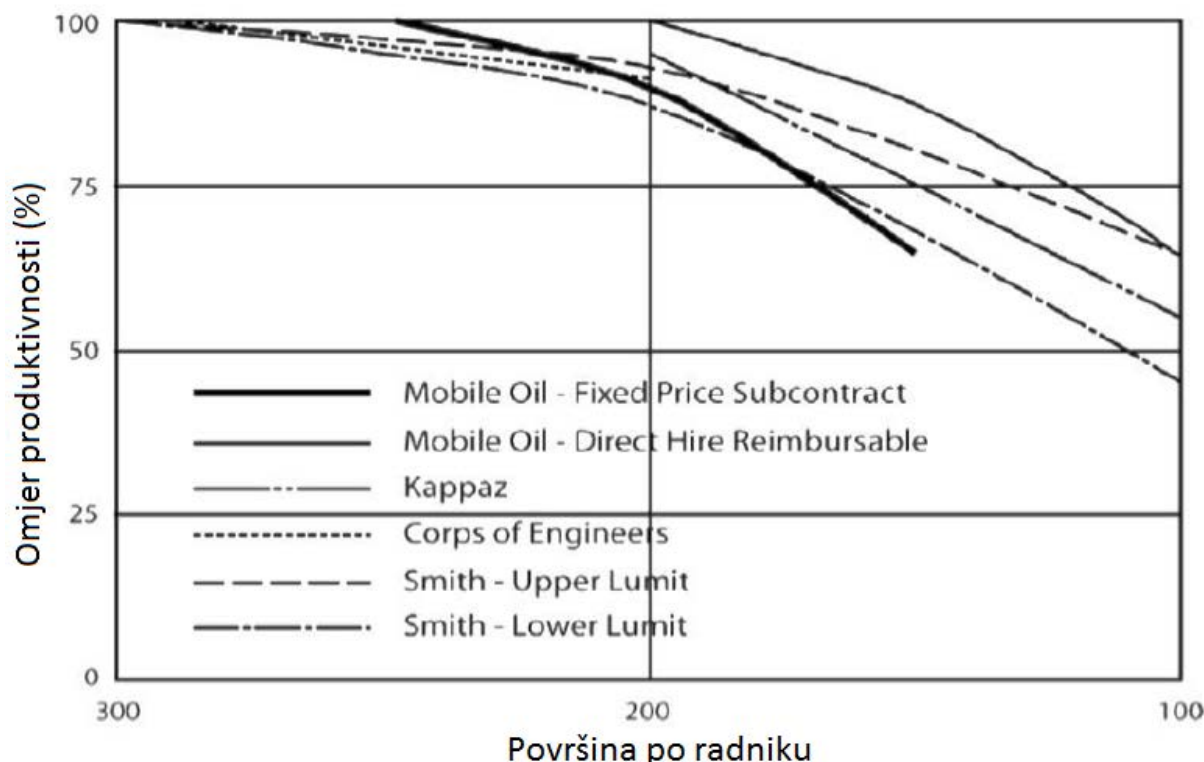
Slika 3. Usporedba prethodnih modela pretjerivanja u zapošljavanju [6]

U ovom grafikonu, Oconnor1 je za projekt od 300 radnika, a Oconnor2 je za 100 radnika. T & J predstavlja Thomas i Jansma (1985) [29]. T & S1 i T & S2 predstavljaju dva poduzetnika u Thomasu i Smithu (1990) [26]. Primjećeno je da su prethodne studije općenito dale raspon za učinak prevelikog broja zaposlenika na produktivnost. Kappaz (1977) [28] čini se da je najkonzervativniji rad među svim djelima [6].

5.4.1.2. Kvantifikacija kroz gomilu (postotak dodatne osobe po prostoru)

Druga metoda kvantificiranja učinka prevelikog broja zaposlenika je kvantificirati kroz gomilu. Takve studije uključuju Kappaz (1977) [28], američku vojsku (1979), Smith (1987) [30] i Thomas i Smith (1990) [26]. Optimalni radni prostor po osobi procjenjuje se drugačije u tim studijama. Ali sve od njih općenito govore da je optimalna 200-350 sf / osoba (Kappaz, 225 sf / osoba, Smith, 323 sf / osoba i Thomas i Smith 200, 250 sf / osoba). Thomas i Smith (1990) prikazuju grafikon usporedbe skupno iscrtavajući krivulje iz Kappaz (1977) [28],

Corps (1979), A.G. Smith (1987) [30] i Mobil (Thomas i G.R. Smith, 1990)[26]. Vidi sliku 4. (prilagođen od Lee 2007 [25]).



Slika 4. Usporedba prethodnih modela [6]

Rezultati tih studija se međusobno potvrđuju. Oni su pružili razumno mali raspon za procjenu multiplikatora. Međutim, pouzdanost tih studija je problem. Kappaz (1977) [28] Corps (1979) i Smith (1987) [30] nisu dali nikakve podatke o njihovom izvoru podataka i obradi podataka. Također nisu uspjeli pružiti način izračunavanja omjera produktivnosti ili množitelja. Kappaz (1977) jasno je izjavio da krivulja nije namjera biti "pristup kuharici ili matematička formula koja bi riješila problem". Može se koristiti samo kao sustavni vodič ili okvir za analizu [6].

5.4.2. Upotreba postojećih studija neučinkovitosti veličine radne grupe u zahtijevu LOP

Isto tako, studije vezane uz gomilu imaju probleme s pouzdanosti zbog nedostatka informacija o izvornim podacima i načina na koji su podaci obrađeni. Opće prihvaćeno je da će zagušenje negativno utjecati na gubitak produktivnosti, no na toj će se temi trebati više raditi kako bi se dodatno potvrdilo kvantificiranje tog učinka. Vjerujemo da se ovim rasponom može dati polazna točka za izvođača koji procjenjuje vlastiti LOP. Međutim, MCAA priručnik predlaže LOP zbog neučinkovitosti veličine posade s 10% na 30%, no nema daljnjih informacija o tome kako odrediti razinu težine manjih, prosječnih i teških. Krivulje navedene u Odjeljku 5.4.1. temelje se na prevelikom omjeru i prostoru po osobi [6].

5.4.3. Odluke o pravnim pitanjima u vezi s LOP kvantifikacijom utjecaja neučinkovitosti veličine radne grupe

U žalbi Danac, Inc., Odbor je odbio zahtjev LOP-a, koji se temeljio na rezultatima Corps (1979). Odbor je smatrao da je načelo uključeno u vodič preopširno o izjavi, a tužitelj nije povezao opisani fenomen u vodiču o predmetnom projektu. U žalbi korporacije, tužitelj je koristio metodu koja "nastoji utvrditi optimalne uzorke radnika u zajedničkom popisu, kao i postotak preopterećenja". Konzultant je izračunao mjesečna preopterećenja od 74% do 150% i mjesečna neučinkovitost rada čimbenika od 30 do 60% mjesečno. Odbor nije dopustio metodu. Odbor je komentirao da "takav netočan i špekulativni pokušaj da činjenice ne dopušta da ovdje donesemo naloge potrebne niti da stvaramo osnovu za žiri presudu u apelantovoj naklonosti". U žalbi *Penn York Corporation i Acro-v Builders Corporation*, povećanje broja radnika za 10,8%, a izvođač je odobren za dodjelu LOP-a 3%. U žalbi *Stroh Corporation*, izvođač je bio prisiljen koristiti manje učinkovitu četveročlanu ekipu umjesto svoje planirane dvočlane posade. Stroh je nagrađen 10% za neučinkovitost u veličini posade. Iz gore navedenih slučajeva primjećuje se da je LOP prepoznat i prihvaćen od strane Uprave. No, nismo pronašli nikakve pravne slučajeve koji bi podržali upotrebu prethodnog akademskog rada ili iskustvene formule. Čini se da odbori vjeruju stručnom mišljenju, a ne postojećoj formuli ili studijama. Čini se da akademske studije predstavljaju razumne dopunske materijale koji podupiru kvantifikaciju LOP-a zbog prekoračenja broja zaposlenika [6].

5.5. Ostali zaključci vezani za izračunavanje utjecaja LOP-a

5.5.1. Smanjivanje nadzora

Razrjeđivanje nadzora odnosi se na situaciju u kojoj supervizor mora provesti više vremena na drugi posao i manje vremena na izravnom nadzoru obrtničkog rada. Nije pronađena akademska studija o kvantifikaciji razrijeđenosti učinka supervizije na produktivnost; Potrebno je više istraživanja o ovoj temi. Međutim, u nekim pravnim slučajevima, mišljenja su razmotrena, pojavilo se nekoliko stavaka u vezi s "razrjeđivanjem nadzora". Prvo, čini se da dopušteni iznos razrjeđivanja nadzora ima tendenciju da spada u "manju" ili još manju kategoriju koju pruža MCAA :

- 1) U žalbi AEI-a, kao primjer koji je provela vlada kako bi dokazala svoje izjave da popis MCAA daje napuhanu vrijednost utjecaja, stručnjak vlade tvrdi da "nijedan vlasnik neće razmotriti plaćanje 25% premije za razrjeđivanje nadzora za sve osnovne ugovore i promjenu radnog naloga ... ";
- 2) U žalbi Clark betona, razrjeđivanje nadzora se procjenjuje na 5% (polovica maloljetnika, budući da tužitelj vjeruje da je ublažio taj problem dodavanjem više nadzornika);
- 3) U *Clark Construction Group Inc*, tužitelj je uspješno koristio razrjeđivanje nadzora, ali je dopuštena količina manja, npr. 10%.

Drugo, problem razrjeđivanja nadzora očito se može riješiti dodavanjem više nadzornika. Stoga, dopušteni iznos razumno ne može biti veći od troškova za dovođenje dodatnog inženjera i / ili nadzornika za postizanje iste stvari [6].

5.5.2. Pogreške i propusti

Neke studije pokazuju da je rework vezan za mnoge faktore. No nije pronađena studija koja procjenjuje stopu pogrešaka na temelju tih čimbenika. Međutim, prethodni istraživači otkrili su da postoji "opća stopa pogrešaka", što je trošak koji nastaje zbog prerade zbog prosječnih pogrešaka za normalan građevinski projekt. Mora se utvrditi LOP budući da izvođač mora usporediti opću stopu pogrešaka s stopom pogrešaka vlastitih projekata kako bi utvrdio je li proveo više vremena na pogreške. Tablica 3. prikazuje povezane rezultate prethodnih studija (prilagođen Josephson et al 2002 [31]):

Tablica 3. Obračun troškova po prethodnim studijama [6]

Prethodna studija	Udio cijene grešaka u ukupnoj cijeni projekta	Udio za konstruktivne greške	Trošak koji je nastao zbog kon. grešaka
Cnuddle (1991)	10% - 20%	22%	2.2-4.4%
Burati et al. (1992)	12.4%	17%	2.1%
Hammarlund and Josephson (1991)	4%	26%	1.1%
Josephson (1990, 1994); Josephson and Hammarlund (1996)	2.3-9.4%	50%	1.2-4.8%
Josephson et al. (2002)	7.1%	45%	3.195%

Troškovi nastali preradom (pogreške i propusti) su razumno konzistentni, općenito od 1-4%. Također je vrijedno napomenuti da je opća stopa pogrešaka jako ovisna o složenosti posla. Istraživanje o pogreškama u izgradnji naftovoda (Brown & Batie 2013 [32]) su pokazali da većina pogreške nastale u izgradnji naftovoda su „nepropisno izračunati razred, nagib i / ili uzvišenja, nepravilnog poravnjanja i / ili neispravnog rasporeda, nepravilne instalacije posljedicama propuštanja u cjevovod. "Prema tome, pogreške mogu varirati od 20% do 130%, što je znatno veće od općeg građevinskog projekta. Zaključno, nije pronađena studija koja pruža podatke o projektu i stope pogrešaka, ali čini se da postoji konsenzus da čak i uobičajeni projekt ima određenu količinu pogreške, vjerojatno 1-4%. Također ovisi o složenosti određenog zadatka. Osim toga, u žalbi *T C Bateson Construction Co.*, izvođač je zimi zatražio 20% neučinkovitosti u punjenju. Zbog mraza u tlu nije postigao zadovoljavajuće rezultate. Vlasnik nije doveo u pitanje 20% neučinkovitosti koju je tvrdio [6].

5.5.3. Moral i stav

Učinak morala je vrlo teško kvantificirati. Nije pronađena kvantitativna studija o mjeri utjecaja morala na produktivnost (Hardy 2009 [33]). Postoje neke studije o tome kako će zadovoljstvo poslom utjecati na uspješnost radnih mjesta, a zaključci su vrlo nejasni s obzirom na odnos između ta dva. Na primjer, prema Iaffaldano i Muchinsky (1985) [34], zadovoljstvo i izvedba su samo blago povezani jedni s drugima. Količina empirijske podrške za odnos zadovoljstva ne približava stupanj do kojeg je ovaj odnos bio prihvaćen u teorijama organizacijskog dizajna. Gotovo kao da je odnos zadovoljstva samo iluzorna korelacija,

percipirani odnos između dvije varijable koje logično ili intuitivno mislimo trebaju međusobno povezati, ali zapravo ne. Prema Borcharding i Oglesby (1974) [35], postoji inverzni odnos između produktivnosti i zadovoljstva poslom. Predlaže se zadovoljstvo jer svaki radnik proizvodi visoku vidljivu fizičku strukturu. To jest, kada je proizvodnja siromašna, radnik ima tendenciju da ima niže zadovoljstvo poslom. Kako zadovoljstvo poslom može utjecati na produktivnost nije jasno navedeno iako autori priznaju da je to bio jedan od ciljeva u ranoj fazi studija. Korpus (1979) je komentirao da "moral utječe na produktivnost, ali toliko da čimbenici međusobno djeluju na moralu da njihovi pojedinačni učinci prkose kvantifikaciji ... Stupanj do kojeg to može utjecati na produktivnost, a time i trošak obavljanja posla, normalno bi bio vrlo malen u usporedbi s ostalim uzrocima gubitka produktivnosti. Izvođač bi vjerojatno otkrio da bi to više koštalo održavanje zapisa potrebnih za dokumentiranje gubitka produktivnosti od spuštenog morala nego što je opravdano iznosom koji bi mogao oporaviti." Moral i stav nisu prihvaćeni u većini slučajeva zbog svoje inherentne neodređenosti, ali u *Appeal of Security System Inc. i Appeal of Hensel Phelps*, Odbor je pristao na korištenje morala kao jednog faktora na popisu MCAA Faktora, dodjeljujući 5% (manji učinak) u oba slučaja [6].

5.5.4. Umor

Niti jedna studija nije pronađena u vezi utjecaja umora na produktivnost, ali razina umora obično se mjeri fizički ili subjektivno. Za fizičko mjerenje, različite varijable su korištene kao pokazatelj umora, kao što su promjene u krvnom tlaku i brzini otkucaja srca. Međutim, izvođači rijetko izvode takve fizičke testove na gradilištu. Subjektivna procjena općenito se temelji na upitnicima i vjerojatno je prikladnija. *Swedish Occupational Fatigue Inventory* (SOFI) pojavljuje se u većini recenziranih akademskih publikacija koje pokušavaju izmjeriti umor u profesionalnom okruženju. U većini studija sudionici su zamoljeni da procjenjuju na temelju pet dimenzija koje najbolje opisuju svoje osjećaje u određenom trenutku. Osjećaji umornosti ocjenjuju se od 0 (bez osjećaja) na 6 (visoki osjećaji do vrlo visokog stupnja) (Ahsberg et al., 1997 [36]). Kako je razina umora koju kvantificira SOFI vezana za LOP nepoznata i zahtijeva više studija u budućnosti. Vidi tablicu 4. (prilagođeno iz Hallowell 2010 [37]) [6].

Tablica 4. Kategorije SOFI za određivanje umora [37]

SOFI kategorija	Ljestvica (0-6)	SOFI kategorija	Ljestvica (0-6)
Manjak energije		Pasivnost	
Iscrpljenost		Indiferentnost	
Istrošenost		Nezainteresiranost	
Dehidriranost		Pospanost	
Prekomjerni rad		Zaspati	
Fizička premorenost		Mamurnost	
Otkucaji srca		Zijevanje	
Znojenje		Spavanje	
Manjak daha			
Teško disanje			
Fizička neudobnost			

Zgrčeni mišići			
Odumrlost			
Bol u zglobovima			
Tupa bol			
Manjak motivacije			
Manjak zabrinutosti			

5.5.5. Pristup radnom mjestu

Pristup radnom mjestu je nejasan koncept. Može biti potpuno blokiran (što će vjerojatno dovesti do kašnjenja rada i uzrokovati druge probleme) ili djelomično blokirana lokacija (što uzrokuje dodatno vrijeme za premještanje rada ili materijala). Nije ustanovljeno akademsko istraživanje kako bi se kvantificiralo LOP uzrokovano pristupom mjestima rada. Vjerojatno objašnjenje je da je teško kvantificirati i standardizirati logističke opise mjesta. U slučajevima LOP-a pronašli smo da su problemi s pristupom radnom jestu uglavnom dogodili kada je pristup blokiran, tako da je izvođač naišao na kašnjenje u radu. Međutim, nisu pronađeni slučajevi koji se odnose na kvantifikaciju gubitka. Sukladno tome, nema dovoljno dokaza da bi podržali ili suprotstavili MCAA (5% do 30%). Potrebno je više istraživanja o ovoj temi [6].

5.5.6. Logistika

Slično kao i pristup radnom mjestu, logistika je opći problem koji treba daljnja istraživanja. Kada logistički problem predstavlja situacije u kojima je vlasnik dopremio materijale ili opremu odgođen, služi kao glavni uzrok kašnjenja. Predlažemo korištenje drugih čimbenika za izračun gubitka (kao što su vrijeme, krivulja učenja itd.). U Thomas i sur. (1989) [9], autori procjenjuju LOP zbog logistike za njihov projekt (18% prebrzo) i vjeruje da taj postotak može poslužiti kao procjena veličine narudžbe za drugi pojedinačni komercijalni građevinski projekt.

Dva mišljenja o LOP-u sadržavala su podatke o gubitku kvantifikacije:

1) U žalbi *Human Advancement Inc.*, odgoda pribavljanja odobrenja za toplinsku traku nakon što je vlada odbila prvu zamjensku traku, rezultirala je neučinkovitosti, a Odbor je dopustio gubitak od 20% (Presuda žirija).

2) U tužbi od *Algernon-Blair*, tužitelj je tvrdio da je kasni dolazak opreme i kašnjenja u primanju instrukcije o preseljenju uzrokovalo 30% LOP-a i konačno dopušteno 8%.

Važno je napomenuti da dopušteni postotak u velikoj mjeri ovisi o fizičkim karakteristikama na licu mjesta. U srodnom slučaju dobavljaču je dodijeljen dodatni trošak rukovanja i skladištenja koristeći relevantne fakture i podatke o plaću (žalba *Fruehauf Corporation*) [6].

5.6.Promjene u građevinskoj proizvodnji

Ibbs (1994) [38] definira promjenu kao "bilo koji dodavanje, brisanje ili reviziju općeg opsega ugovora". Lee (2007) [25] proširuje tu definiciju promjene kao "bilo koju akciju, učestalost uvjeta koji čini razlike prema izvornom planu ili što se izvornom planu temelji na razumnoj osnovi". Promjene u građevinarstvu mogu se svrstati u dvije opće kategorije: usmjerene promjene i konstruktivne promjene. Režirana promjena može dodati ili smanjiti cijenu ugovora i može uključivati i promjenu u nizu ili rasporedu konstrukcije. Konstruktivne promjene "pojavljuju se iz bilo kojeg događaja koji nije usmjeren prema vlasniku ili koji ima učinak implicitnog zahtijevanja izvođača da izmijeni opseg utvrđen u izvornom ugovoru" (MCAA 2016 [19]) [6].

Kao što je definirano u priručniku Američke udruge strojarskih izvođača (MCAA), neka pitanja s promjenama uključuju [6].:

- Vlasnički upravljane promjene koje uzrokuju povećanje ili smanjenje količine posla iz djelokruga rada navedene u izvornom ugovoru;
- Promjena načina izvođenja ili materijala ili opreme koja se instalira;
- Promjene koje mijenjaju planiranu sekvencu u kojoj se rad treba obaviti;
- Različite uvjete na gradilištu koje nisu predviđene u izvornoj ugovorenoj cijeni;
- Problemi konstruktivnosti;
- Promjene u specifikacijama izvedbe;
- Promjena ispravljanja pogrešaka, propusta ili nedosljednosti u specifikacijama ili crtežima;
- Promjene u vremenu izvedbe;
- Promjene koje proizlaze iz izvanrednih, neočekivanih prirodnih događaja;
- Promjene zbog djelovanja ili neaktivnosti drugih obrta koji rade na projektu.

U ovom izvješću, promjena u graditeljstvu odnosi se i na usmjerenu promjenu i na konstruktivne promjene [6].

6.STUDIJE SLUČAJA

6.1.Prva studija slučaja

Cilj ove studije slučaja je utvrditi, analizirati i kvantificirati najutjecajnije čimbenike koji negativno utječu na produktivnost u postupcima popločavanja na gradilištima u Egiptu. Podaci su prikupljeni korištenjem tehnike uzorkovanja aktivnosti. Uzorkovanje aktivnosti kao tehnika za kvantificiranje vremena koje graditelji rade u određenim unaprijed određenim kategorijama djelatnosti, pruža dragocjene informacije voditelju građevine o područjima niske produktivnosti na svom projektu koji trebaju korektivne radnje [7].

6.1.1.Priroda studije

Podaci korišteni u ovom istraživanju prikupljeni su iz industrijske zgrade koja je dovršena i dostavljena vlasniku, tvrtki javnog sektora, " *Sabi Co.* ". Drugi kat ove zgrade projektiran je i konstruiran kao radionica, inspekcijski laboratoriji i trgovine. Odlučeno je promijeniti 870 m² gotovog kata 2. priče od običnog betona do pločica od 30 · 30 · 3 cm. Radnici koji su radili ovu operaciju bili su vlasnici vlastitog poduzeća. Posada za popločavanje sastojala se od dva radnika za postavljanje pločica, dva pomoćnika i dva radnika. Rad je proveden 6 dana u tjednu, od subote do četvrtka. Neto radni dan bio je 7 sati dnevno podijeljen u dva razdoblja: od 8:00 do 12:00, i od 13:00 do 16:00 sati. Ručak je bio od 12 do 13 sati. Svi potrebni materijali isporučeni su i iskrcani na radnom mjestu pored zgrade. Materijali su zatim ručno transportirani na 2. kat (+5,20 m) gdje je izvršena radnja. Žbuka je pomiješana ručno na 2. Katu [7].

6.1.2.Planiranje studije

Navedena je apsolutna granica netočnosti, L, od + 5% pri 95% -tnoj razini pouzdanosti. Broj traženih promatranja, N, izračunava se pomoću:

$$N = \frac{Z^2 \cdot P(1 - P)}{L^2}$$

Gdje je Z = broj standardne devijacije koja definira interval pouzdanosti, njegova vrijednost ovisi o potrebnoj razini pouzdanosti, (Z = 2 kada je potrebna pouzdanost 95%), L = apsolutna granica netočnosti (pogreška uzorkovanja) izražena kao decimalni ekvivalent P = procijenjena vjerojatnost promatranja radnika koji radi određenu aktivnost. Izrađen je broj polja i pokazao da je P = 0,30, dakle,

$$N = \frac{4(0.30)(1 - 0.30)}{(0.05)^2} = 336 \text{ promatranja}$$

Napravljeno je četiri kruga tijekom dana; To je ponovljeno 14 dana. Kako je posada bila šesteročlana posada, ukupan broj promatranja bio je 4 · 6 · 14 = 336 promatranja [7].

6.1.3.Indikacije i korektivne mjere

Kako bi istaknuli glavna problematična područja koja uzrokuju kašnjenje u operaciji, elementi koji se nalaze u istom području grupirani su zajedno. Svaka se skupina izražava kao postotak ukupnog neaktivnog vremena. Jasno je da se materijali i sustavi za rukovanje materijalom trebaju poboljšati. Također je jasno da su neke discipline potrebne na licu mjesta kako bi se smanjila količina vremena prosipana kroz razgovor, jelo itd. Poticajna shema je vjerojatno potrebna za prevladavanje visoke stope odsutnosti [7].

6.2.Druga studija slučaja

Ciljevi ove studije slučaja su kratko objašnjeni na dva neskladna načela izgradnje, tj. *Benchmarking* i smanjenje varijabilnosti produktivnosti rada, kako bi se pokazao konceptualni model *benchmarking* za produktivnost građevinske radne snage i implementirao model u nekim građevinskim projektima u Egiptu, te ispitati utjecaj varijabilnosti u produktivnosti rada na radnu učinkovitost [7].

6.2.1.Uvjeti i pojmovi koji se koriste u studiji

U ovoj studiji produktivnost rada definira se kao sati rada podijeljeni s postignutim radnim jedinicama. Ta se vrijednost često naziva fizička produktivnost rada ili jedinična stopa. Slabo građevinski sustav vidi proizvodnju kao protok materijala, informacija, opreme i rada od sirovine do proizvoda. U ovom protoku materijal se pretvara, pregledava, čeka ili kreće. Načela teške gradnje uključuju [7]:

- Praksa samo-u-vrijeme (JIT).
- Koristite zakazivanje vožnje.
- Smanjiti varijabilnost produktivnosti rada.
- Poboljšati pouzdanost protoka.
- Eliminirati otpad i pojednostaviti rad.
- Benchmark.

6.2.2.Benchmarking

Benchmarking se može definirati kao "sustavni i kontinuirani proces mjerenja; Proces kontinuiranog mjerenja i uspoređivanja poslovnog procesa organizacije s poslovnim voditeljima bilo gdje u svijetu kako bi dobio informacije što će pomoći organizaciji da poduzme akcije kako bi poboljšala svoju izvedbu ". Abnormalni radni dani su dani kada je slučajna varijabilnost u dnevnoj vrijednosti produktivnosti u odsutnosti prekida oko dvostruke osnovne produktivnosti. Parametri izvedbe projekta (mjerila) su:

- *Indeks poremećaja* (DI): Omjer broja prekinutih radnih dana podijeljen je s ukupnim brojem promatranih radnih dana.

$$DI = \frac{\text{BROJ ABNORMALNIH RADNIH DANA}}{\text{BROJ UKUPNIH RADNIH DANA}}$$

Omjer uspješnosti (PR): Stvarna kumulativna produktivnost podijeljena je očekivanom početnom produktivnošću (prosječne vrijednosti osnovnih linija svih projekata):

$$PR = \frac{\text{KUMULATIVNA PRODUKTIVNOST}}{\text{OČEKIVANA POČETNA PRODUKTIVNOST}}$$

Produktivnost osnovne linije (najbolja produktivnost) izračunava koristeći srednju produktivnost podskupa [7].

6.2.3.Smanjenje varijabilnosti produktivnosti rada

Cilj konstrukcije Lean trebao bi biti poboljšanje performansi smanjenjem varijabilnosti produktivnosti rada. Varijabilnost dnevne produktivnosti rada za svaki projekt može se izračunati pomoću sljedeće jednadžbe:

$$\text{Varijacija } (V_j) = \frac{\sum \sqrt{(UR_{ij} - \text{osnovna produktivnost})^2}}{n}$$

Gdje je UR_{ij} = dnevna produktivnost (jedinična stopa) za radni dan i na projektu j , a n = broj radnih dana na projektu j . Varijacija V_j za različite projekte ne može se izravno uspoređivati, osim ako su vrijednosti osnovne produktivnosti jednake. Stoga se izračunava koeficijent varijacije:

Koeficijent varijacije (CV_j) = $\frac{V_j \times 100}{(\text{obična produktivnost})_j}$, gdje je CV_j koeficijent varijacije za projekt j [7].

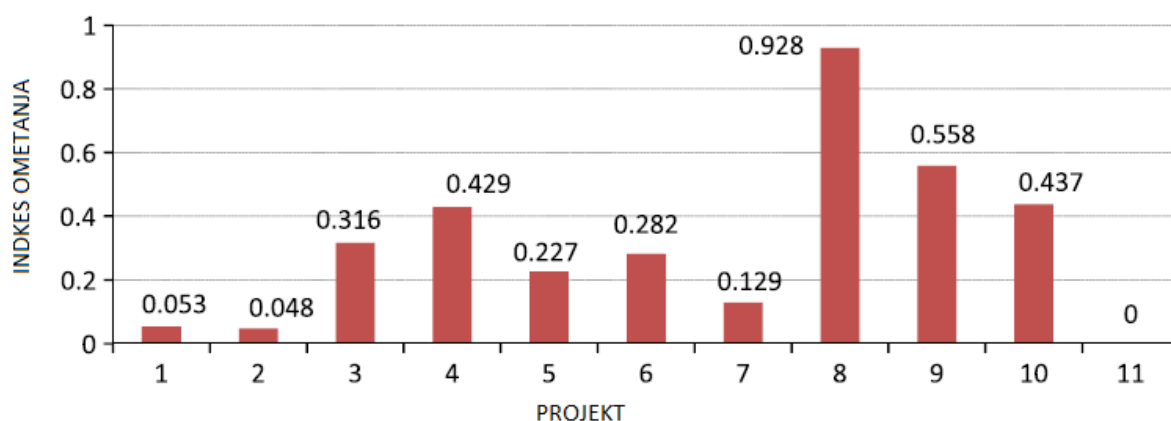
6.2.4.Prikupljanje i analiza podataka

Prikupljanje podataka sastoji se od zidnih aktivnosti iz 11 građevinskih projekata u Egiptu tijekom vremenskog okvira 1/3 / 2004-23 / 7/2004. Projekti uključuju poslovne i stambene zgrade. Prosječna produktivnost osnovne linije (najbolja produktivnost) studiranih projekata iznosi 0,608 W h / m². Kriterij za abnormalni radni dan bio je definiran kao svaki radni dan kada je produktivnost premašila 1.216 W h / m² [7].

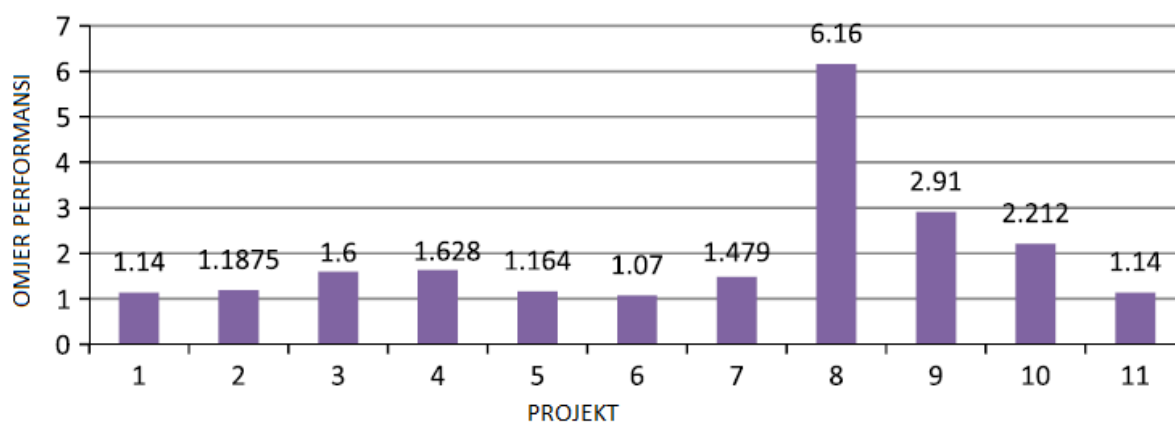
6.2.5.Parametri izvedbe projekta (mjerila)

Što je više DI, to je više abnormalnih radnih dana (slab projekt). Slika 5. pokazuje da tri projekta, oko 27% studiranih projekata, dobro funkcioniraju jer su DI vrijednosti vrlo male ($DI < 0,1$). Također pokazuje da su četiri projekta, oko 36% studiranih projekata, najgori projekti jer su DI vrijednosti vrlo visoke ($DI > 0,4$) i oni su loše izvedbeni projekti. Valja napomenuti da što je niža PR, to je bolja izvedba projekta. PR vrijednost veća od 1,0 ne mora nužno značiti projekt slabe izvedbe, već je usporedba s najboljim ukupnim učinkom u svim projektima. Međutim, neki su projekti slabo izvedeni, a najznačajniji projekti su projekti br. 8, 9 i 10 s PR vrijednostima od 6,16, 2,91 i 2,21. Ti projekti imaju visoku PR ($PR > 2$) i DI

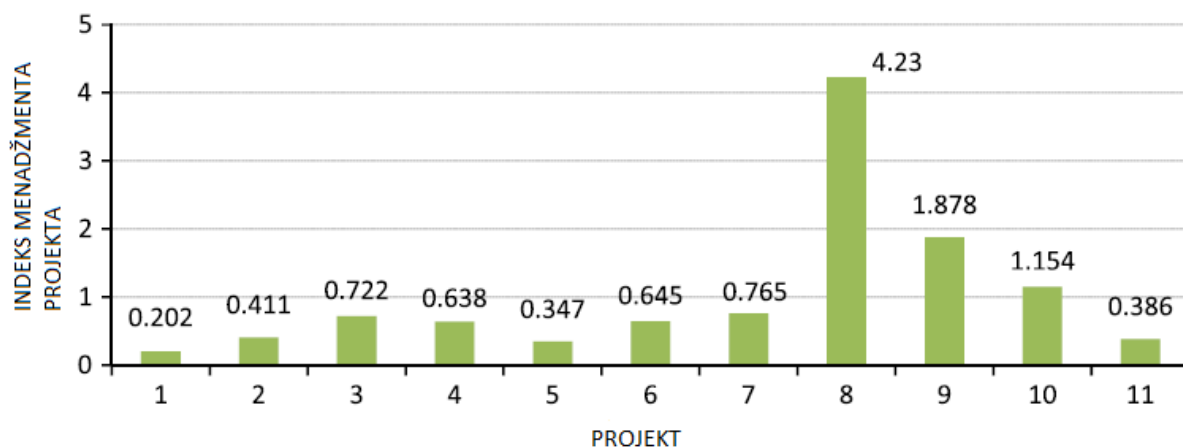
vrijednost ($DI > 0,4$). Slika 6. prikazuje omjere uspješnosti proučavanih projekata. Valja napomenuti da što je niži PMI, to je bolji utjecaj menadžmenta projekta na ukupnu učinkovitost. Sedam projekata ima PMI vrijednosti $> 0,5$ (oko 64% studiranih projekata nije uspješno provedeno). Tri projekta (oko 27% svih proučenih projekata) imaju dobru izvedbu jer su PMI vrijednosti vrlo male ($PMI < 0,4$). Razlozi vremena neaktivnosti bili su zbog nedostatka materijala, slabe komunikacije i neadekvatnog nadzora. Slika 7. prikazuje PMI za svaki projekt [7].



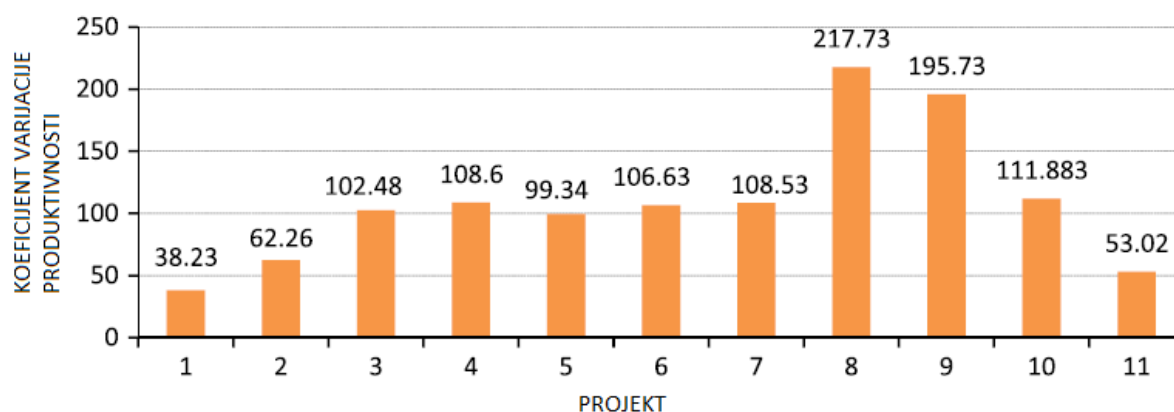
Slika 5. Indicije ometanja za promatrane projekte [39]



Slika 6. Omjer performansi za promatrane projekte [39]



Slika 7. Indeks projektnog menadžmenta za promatrane projekte [39]



Slika 8. Koeficijent varijacije produktivnosti [39]

6.2.6. Varijabilnosti u dnevnoj produktivnosti

Koeficijent varijacije (CV) studiranih projekata izračunat je i prikazan na slici 7. Tri projekta (27% svih studiranih projekata) imaju vrijednosti CV <65. Ti su projekti najbolji projekti. Sedam projekata (64% svih studiranih projekata) najviše se slabo upravlja. Ovi projekti imaju vrijednosti CV > 100. Što je CV viši, to je više puta proživjelo abnormalni radni dan (varijabilnost dnevne produktivnosti rada). Iz ove studije jasno je da se u građevinskim projektima u Egiptu mora upravljati varijabilnošću jedinične stope. Način koji može dovesti do smanjenja varijabilnosti uključuje bolji tijek rada, bolje planiranje i bolji sustav informacija i povratnih informacija [7].

6.2.7. Odnosi između varijabilnosti i performansi

Koeficijent korelacije između CV i PMI izračunat je kao 0,879. Ovaj rezultat dovodi do zaključka da bi, kako bi se poboljšala izvedba projekta, smanjila varijabilnost produktivnosti rada. Slijedi:

(A) Metoda proračuna produktivnosti osnovne linije neznatno se razlikuje od metode koju koristi Thomas gdje se srednja vrijednost produktivnosti podskupa koristi u ovoj studiji umjesto medijana. Stoga ne postoji standard za kriterije za usporedbu produktivnosti.

(B) Određeni su abnormalni radni dani za svaki studijski projekt na temelju prosječne produktivnosti osnovne linije za sve projekte. Abnormalni radni dani za projekt su njegova imovina i odražavaju njeno radno okruženje. Dakle, bilo bi realnije da su određene na osnovu produktivnosti osnovne linije svakog pojedinog projekta.

Osim toga, ovaj je slučaj uključivao smanjenje varijacija produktivnosti kao načela kada je "poboljšanje produktivnosti" prikladnije i da se djelomično postiže smanjenjem varijacija u tijeku materijala, informacija, radne snage i sl. Koji uzrokuju neusklađenost između opterećenja i kapaciteta koji su temeljna odrednica produktivnosti. Također se koristi za tvrdnju da se produktivnost rada treba poboljšati smanjenjem varijacije u produktivnosti rada, ali pretpostavka je da je varijacija negativna u odnosu na izračunatu osnovicu. Ako uzmemo u obzir mogućnost da se produktivnost rada mijenja svaki dan, ali svakodnevno postaje bolja, to uništava argument autora. Zaključeno je da je produktivnost rada pozitivno korelirana s *Percent Plot Complete* (PPC), mjera varijacije radnog toka. Proučavan je i odnos produktivnosti i omjera ukupnog dovršetka zadatka prema planiranim zadacima, tjednom opterećenju, tjednom izlaznom radnom vremenu i tjednom radnom vremenu, a nije pronađena značajna korelacija. Rezultati upućuju na to da se produktivnost ne poboljšava dovršavanjem što većeg broja zadataka bez obzira na plan, niti zbog povećanja radnog opterećenja, radnog učinka ili broja potrošenih sati rada. Nasuprot tome, produktivnost se poboljšava kada se protok rada učini predvidljivijim. Ovi rezultati mogu pomoći voditeljima projekata da se usredotoče na stvarne vozače produktivnosti. Također može pomoći konzultantskim tvrtkama da odrede odgovornost za gubitke produktivnosti u potraživanjima [7].

6.3. Glavni zaključci Shehata i El-Gregorya u Egiptu

Glavni zaključci iz studije su [7]:

(1) Nema standardne definicije produktivnosti, a svi trenutni nesporazumi o produktivnosti izgleda proizlaze iz barem netradicionalne terminologije.

(2) Izgleda da je odabir mjere prikladne svrsi vrlo važan. Prikazane su najsuvremenije metode i tehnike mjerenja produktivnosti.

(3) Ključ za poboljšanje produktivnosti nije dovršiti što je moguće više zadataka ili povećati opterećenje, radni učinak ili radno vrijeme bez poštivanja plana rada. Umjesto toga, ključ je

usredotočiti se na održavanje predvidljivog tijeka rada i time biti u mogućnosti uskladiti raspoloživo opterećenje s kapacitetom (radno vrijeme).

(4) Budući da je varijabilnost radnog toka znatno povezana s uspješnošću produktivnosti rada, stranka koja je uzrokovala varijaciju radnog toka također bi trebala biti odgovorna za smanjenu produktivnost. Primjena analize varijabilnosti protoka rada u potraživanjima produktivnosti rada može pomoći izvođačima i vlasnicima da postignu dogovor o tome tko je prouzročio gubitke produktivnosti i tko bi trebao biti odgovoran za to. Stoga može uštedjeti vrijeme i novac.

(5) Kako bi se poboljšala izvedba projekta, varijabilnost produktivnosti rada treba smanjiti s obzirom na raspoloživi radni kapacitet. Varijacije koje utječu na produktivnost rada i koje treba smanjiti definira se kao vremenska razlika između planiranog i onoga što se dogodilo u vremenu i trajanju zadataka.

(6) Prikazan je skup grafikona za čimbenike koji utječu na produktivnost rada što bi moglo pomoći poboljšanju produktivnosti rada i uspješnosti projekata [7].

6. UTJECAJ BIM-A NA GRAĐEVINSKI PROJEKT

BIM se u građevinarstvu pojavio kao inovacija, pokazujući veliki potencijal ublažavanja mnogih čimbenika koji negativno utječu na produktivnost gradnje. Studije sve više razmatraju utjecaj BIM-a na izvedbu projekta. Poboljšanje produktivnosti gradnje, osobito produktivnost rada, jedna je od široko iskazanih prednosti. Za organizacije koje žele prijelaz na BIM, moraju biti u stanju shvatiti te prednosti i kvantificirati njihov utjecaj što je izuzetno važno kako bi se osigurala održivost procesa implementacije BIM-a. U ovom se radu prikazuju rezultati akcijskog istraživačkog projekta poduzetog s malim mehaničkim izvođačem koji istražuje utjecaj BIM na produktivnost rada na velikim komercijalnim projektima. Cilj akcijskog istraživanja bio je pomoći organizaciji u preoblikovanju prakse mjerenja performansi u svjetlu prijelaza na BIM i montažnu industriju. U članku se razmatraju izazovi ove rekonfiguracije i predstavljaju nalaze iz procesa mjerenja performansi koji je uspostavljen. Rezultati upućuju na jasan pozitivan učinak BIM-a na produktivnost rada na istraživanom projektu: područja koja su modelirana i montažirana pokazuju povećanje produktivnosti u rasponu od 75 do 240% u odnosu na područja koja nisu bila modelirana [5].

U literaturi su objavljeni mnogi primjeri dobre prakse i inovacije koji uključuju implementaciju BIM-a. Iskustvo nam govori, međutim, da ostaje značajan jaz između vodećeg ruba i većine u građevinarstvu. Obzirom da implementacija BIM-a predstavlja značajan financijski rizik, posebno za male ili srednje tvrtke (SME), jasne pogodnosti moraju se pojaviti i biti kvantificirane kako bi ta mala i srednja poduzeća mogla krenuti naprijed u provedbi. Obećanje povećane produktivnosti rada jedna je od takvih pogodnosti koja potiče usvajanje i implementaciju BIM-a u građevinarstvu. Doista, ovaj novi pristup dostavi projekata predstavljen je kao rješenje za prevladavanje prividne stagnacije i čak i smanjenja produktivnosti rada u građevinarstvu. Dok se raspravlja o pitanjima makroekonomskog gledišta produktivnosti rada ostaje opći konsenzus oko potrebe za značajnim poboljšanjem u građevinarstvu. Razvijeno je nekoliko strategija koje se bave potencijalom BIM-a za poboljšanje produktivnosti rada, i to kroz koordinaciju projekta i prefabriciranost. Mnoge od tih prednosti su prijavljene i pokušaji kvantificiranja utjecaja BIM-a na produktivnost rada zabilježeni. Dodatni rad, međutim, potreban je za proučavanje, a što je još važnije dopustiti organizacijama da procjenjuju, utjecaj BIM-a na produktivnost rada u građevinskoj industriji, ako je to osnova za opravdanje prihvatanja BIM-a. Konkretno, način na koji oni idu oko toga taj je utjecaj često nepouzdan zbog obične složenosti mjerenja produktivnosti rada, što zahtijeva znatan napor u prikupljanju i analiziranju podataka na terenu. To predstavlja glavnu prepreku za razvoj ove mjere kao valjani način opravdavanja prijelaza organizacije na BIM. U ovom radu prikazani su nalazi projekta akcijskog istraživanja poduzetih s specijaliziranim malim poduzetnicima koji su usvojili i provode BIM od 2010. godine. Organizacija s kojom smo provodili akcijski istraživački projekt osnovana je 2004. godine i djeluje u Vancouveru, područje Britanije i Kolumbija. Ima 67 zaposlenika i raspoređeno je na organizacijsku strukturu temeljenu na projektu u dvije divizije. Obrađuje 24 zaposlenika u uredu (projektni menadžeri, koordinatori, procjenitelji i administrativno osoblje) koji čine tim za upravljanje projektom i 43 zaposlenika sa sjedištem u mjestu (nadzornici, predstojnici, pomoćnici). Cilj ovog akcijskog istraživačkog projekta bio je pomoći organizaciji u preoblikovanju prakse

procjene učinka kako bi se omogućilo učinkovitije procjenjivanje utjecaja BIM-a na produktivnost rada. Rad s podacima koji su bili dostupni putem softvera za upravljanje projektom organizacije i rekonstrukcijom dijela prakse mjerenja uspješnosti projekta, istraživački tim je uspio operativizirati strategiju za organizaciju koja bi im omogućila mjerenje i praćenje njihove produktivnosti rada na BIM projekte. Ključni doprinos ovog članka leži u pristupu akcijsko-istraživačkog rada koji se poduzima u rekonfiguraciji prakse mjerenja izvedbe unutar male specijalizirane skupine izvođača radova. Članak se usredotočuje na produktivnost rada i BIM, područje istraživanja koje je, iako je popularno, još uvijek relativno rijetko, s obzirom na činjenicu da se produktivnost rada smatra jednim od mnogih mjera koje najviše iskorištavaju BIM. Na kraju, članak razvija strategiju usmjerenu na mjerenje produktivnosti rada na djelotvoran način koji nije previše naporan za male organizacije [5].

7.1. Utjecaj BIM-a na produktivnost rada

U svrhu ovog članka, model izgradnje podataka definira se kao digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih značajki objekta. Kao takav služi kao zajednički izvor znanja za informacije o objektu koji čini pouzdanu osnovu za odluke tijekom svog životnog ciklusa od početka do kraja. Modeliranje građevnih informacija definira se kao tehnologija i povezani skup procesa za proizvodnju, komuniciranje i analiziranje modela zgrada. BIM je konceptualiziran kao alat, tehnologija i proces koji omogućava digitalnu konstrukciju zgrade ili prototipova prije svoje fizičke konstrukcije. Kao takav, BIM služi kao zajednički resurs informacija za sve zainteresirane strane projekta tijekom životnog ciklusa projekta. Postoji mnogo anegdotskih dokaza o uspjehu BIM-a i njegovom pozitivnom utjecaju na izvedbu projekta. Tijekom proteklog desetljeća studije su sve više pokušale kvantificirati utjecaj BIM-a na izvedbu projekta. Na primjer, Bryde i suradnici su pregledali iskorištene prednosti BIM-a kroz 35 projekata izgradnje koji su koristili BIM. Utvrđuju da su najviše iskorištene prednosti BIM-a vezane uz smanjenje troškova i kontrolu, kao i uštede na vremenu. Oni također raspravljaju o potencijalnim prednostima BIM-a za voditelje projekata i kako bi BIM mogao, između ostalog, poboljšati koordinaciju i komunikaciju. Međutim, ne raspravljaju o potencijalnom utjecaju BIM-a na produktivnost koja leži u korijenu ovih poboljšanja. Giel i Issa usredotočili su se na povrat ulaganja (ROI) BIM-a, odnosno izbjegavanje dodatnih troškova zbog otkrivanja sukoba. To podrazumijeva poboljšanja produktivnosti kroz manje izmjene i promjene dizajna, ali u takvom se članku ne raspravlja. Štoviše, istraživanja su sve više istraživala definiranje onoga što bi organizacije trebale razmotriti kako bi procijenile utjecaj BIM-a na uspješnost projekta. Na primjer, Suermann proučava utjecaj BIM-a na 6 KPI-a koji je najkorisniji za građevinsku industriju: Kontrola kvalitete (rework), vrijeme na vrijeme, troškovi, sigurnost (izgubljeni sati rada), izvršeni dolari / jedinica i jedinice po satu čovjeka. Zaključuje da BIM ima potencijal da ima najviše utjecaja na kontrolu kvalitete, na vrijeme završetka i produktivnost (jedinice / čovjek hr.). Autori su najprije iznijeli proces i postavili smjernice za provedbu BIM-a za koordinaciju MEP-a. Potom određuju i koriste niz mjera u procjeni projekta kako bi procijenili utjecaj BIM-a. Ove mjere su: bolje razumijevanje projekata, povećanje stope produktivnosti na terenu između 5 i 25%, završetak na vrijeme, količina prefabriciranosti izvan postrojenja i količina prerade smanjene na 0,2% ukupnih sati

terenskog rada. Sacks i Barak mjere utjecaj BIM-a na produktivnost za strukturne inženjerske prakse. Procjenjuju između 15% i 41% dobitaka u produktivnosti, što znači manje sati provedenih na proizvodnji crtanja. Coats i sur. predlaže nekoliko KPI-a putem akcijskih istraživanja s malom dizajnerskom firmom u Velikoj Britaniji kako bi procijenili proces implementacije BIM-a. Autori aludiraju na produktivnost u obliku sati provedenih po projektu i brzini razvoja. U svojoj disertaciji, Chelson identificira ključne pokazatelje utjecaja BIM-a na produktivnost kao: količinu zahtjeva za informacijama (RFI), količinu prerade, usklađenost rasporeda i promjene naloga zbog planiranih sukoba. Prema njegovim riječima, pozitivan utjecaj BIM na produktivnost na terenu odnosi se na ljudske čimbenike, a ne na tehničke čimbenike. Međutim, suočen je s značajnim ograničenjima kao što su nedostatak povijesnih podataka zbog novosti BIM-a, jedinstvenost građevinskih projekata i poteškoća za većinu organizacija da identificiraju vlastite stope produktivnosti. To ograničava mogućnost uspostavljanja uzročno-posljedičnih odnosa između upotrebe BIM i produktivnosti rada, a kamoli u odnosu na vrste upravljanja i načina isporuke projekta. Ovo je izazov da većina, ako ne i sve studije, a kamoli organizacije, odluče pokušati kvantificirati utjecaj BIM-a. Izgleda da BIM ima puno potencijala za pozitivan utjecaj na produktivnost rada za sve djelatnike građevinske industrije, budući da je to učinkovitiji projekt i dokumentacijski proces za profesionalce, bolji pristup relevantnim informacijama za menadžere ili stvaranje povoljnih uvjeta na terenu kroz manje sukobe i manje ponovljenog posla. Ipak je potreban posao, no kako bi se dodatno istražio utjecaj BIM-a na specifične mjere poput produktivnosti rada [5].

7.2. Metodologija istraživanja utjecaja BIM-a na produktivnost

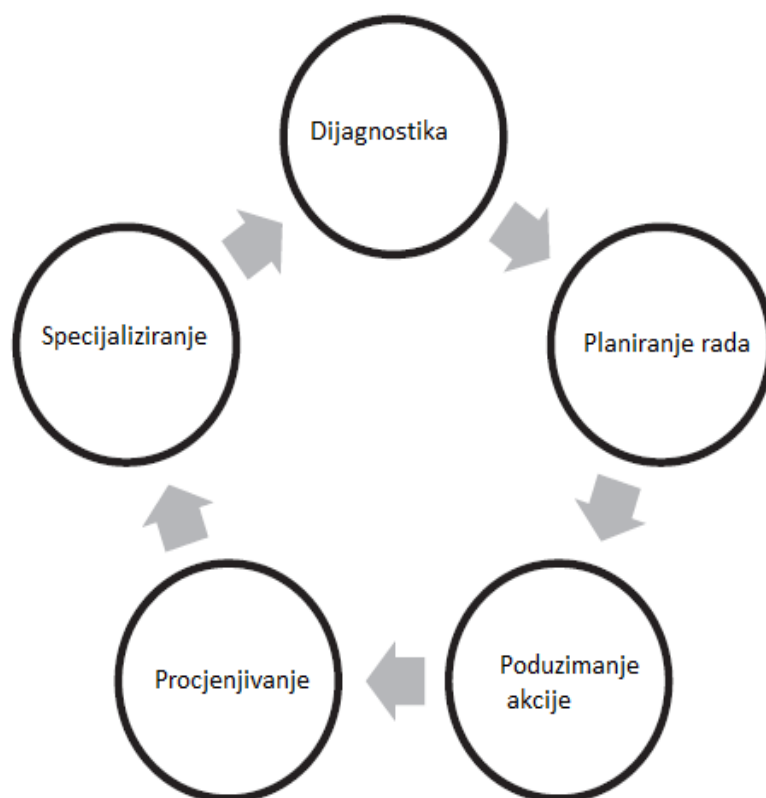
Temeljem dosadašnjeg rada provedenog tijekom dvogodišnjeg razdoblja s organizacijom o kojoj je riječ, E. Porier, S. Staub-French i D. Forgues (2015.) [5] su pokrenuli akcijski istraživački projekt kako bi procijenili utjecaj implementacije BIM-a na produktivnost rada. Upotrebljen je akcijski istraživački pristup zbog cikličkog, iterativnog pristupa, njegovog intervencionističkog naglašavanja u istraživačkom okruženju i njegovog utemeljenja u pragmatičkoj epistemološkoj paradigmi. Ovaj intervencionistički pristup bio je neophodan jer je tijekom ove dvogodišnje longitudinalne studije slučaja nastala organizacijska potreba za preoblikovanjem i promislom na način na koji su prikupljali i analizirali podatke o radnoj uspješnosti oko nove prakse dostave projekata koje je uvela BIM. Za to vrijeme smo promatrali i dokumentirali proces usvajanja i implementacije BIM organizacije. Također smo pokušali usporediti i ocijeniti izvedbu procesa implementacije. Jasno je jaz identificiran s obzirom na procjenu produktivnosti rada i kako bi ta mjera mogla odražavati vrijednost i utjecaj procesa implementacije BIM-a. Stoga smo se odlučili usredotočiti na produktivnost rada kao specifičnu mjeru utjecaja BIM-a. Stoga smo formulirali sljedeća pitanja istraživanja: Koji je utjecaj BIM-a na produktivnost rada za mehaničko ugovaranje poduzeća? I kako izmjeriti taj utjecaj? Cilj akcijsko-istraživačkog projekta bio je tako pomoći organizaciji u preoblikovanju prakse procjene uspješnosti kako bi se omogućila učinkovitija procjena utjecaja BIM-a na produktivnost rada. Akcijsko istraživanje ima za cilj riješiti praksu problema, dok pridonosi znanju kroz zajedničku suradnju između akademske zajednice i industrije. Karakteristike akcijskog istraživanja su [5]:

- (1) buduće orijentirane u cilju stvaranja poželjnije budućnosti za praktičare,
- (2) suradničko zbog bliske veze između istraživača i subjekta,

- (3) podrazumijeva sustav razvijanja cilja izgraditi odgovarajuće strukture, izgraditi potrebne sustave i kompetencije i mijenjati odnos sustava u relevantnom okruženju,
- (4) generira teoriju utemeljenu u akciji,
- (5) agnostičko po tome što prepoznaje da su djelovanje i teorija blisko povezani i ugrađeni u proces,
- (6) situacijski u tome što prepoznaje da se akcija informira prema kontekstu u kojemu se odvija.

Prema Azharu i dr. [5] i Baskervillu i Pries-Hejeu [40] akcijsko istraživanje je ciklički proces koji se sastoji od 5 različitih faza (Slika 9):

1. Dijagnostika: Prvi korak sastoji se u dijagnosticiranju trenutne situacije i utvrđivanju primarnog problema koji je potaknuo želju organizacije da se promijeni.
2. Planiranje djelovanja: Korak planiranja akcije sastoji se u planiranju intervencije utvrđivanjem cilja i pristupa promjeni.
3. Poduzimanje aktivnosti: Korak poduzimanja radnji sastoji se u provedbi planirane akcije.
4. Procjena: Ovaj korak sastoji se u procjeni ishoda planiranih aktivnosti koje se provode u koraku poduzimanja radnji. Korak evaluacije mora utvrditi je li promjena bila uspješna ili nije i je li taj uspjeh izravno povezan s radnjama koje su poduzete u akcijskom istraživanju.
5. Navođenje učenja: Ovaj korak sastoji se u stvaranju novih znanja iz kontinuiranog promišljanja i povećanog razumijevanja koja se odvija tijekom istraživačkog projekta. To je proces tijekom akcijskog istraživanja i formaliziran je između ciklusa [5].



Slika 9. Krug akcijskog-istraživanja ([5] prema Susmanu i Everedu (1978.))

Istraživački tim i organizacija izvodili su jedan ciklus akcijskog istraživanja u razdoblju od 12 mjeseci, između kolovoza 2013. i kolovoza 2014. godine. Kvalificirani i kvantitativni podaci

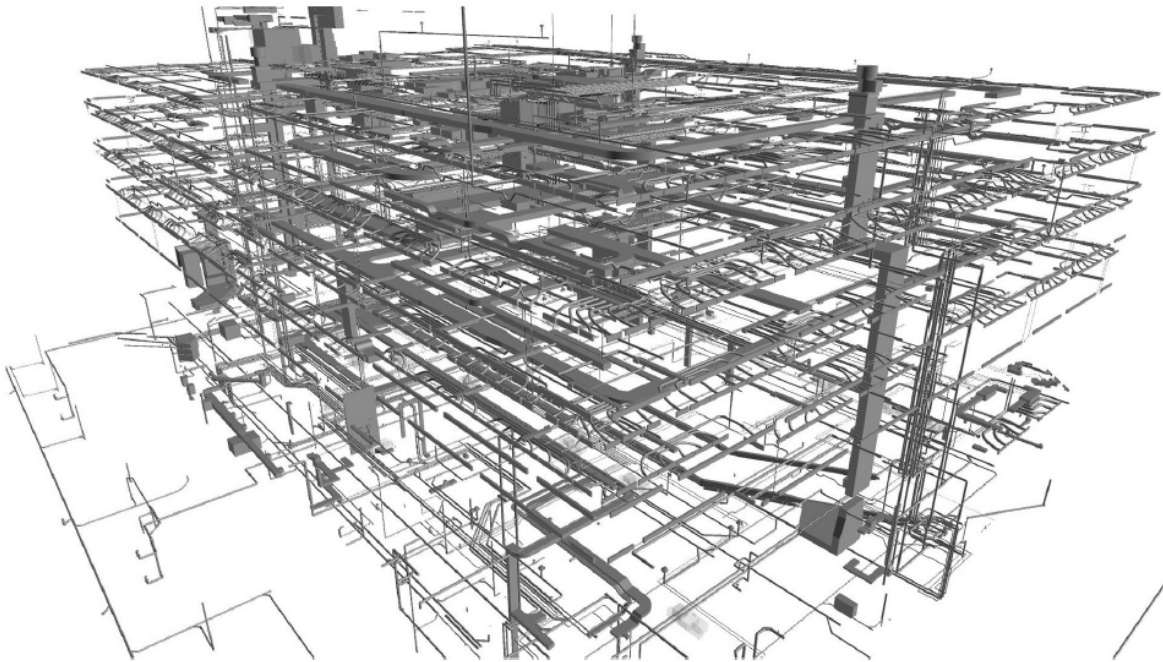
prikupljeni su i analizirani u ovom razdoblju. Kvantitativni podaci prikupljeni su kroz polustrukturirane intervjue, neformalne rasprave i izravno promatranje na mjestu. Polustrukturirani intervjui i neformalna rasprava uključivali su predsjednika, generalnog menadžera, voditelja projekta, nadzornika projekta, koordinator projekta, voditelj BIM-a i glavni koordinator BIM-a. Intervjui su prepisani i analizirani u računalno potpomognutom kvalitativnom softveru za analizu podataka, *Nvivo 10*. Obavili smo široko kodiranje četkica kako bismo jednostavno otkrili teme vezane uz produktivnost, implementaciju BIM-a i procjenu uspješnosti. Izvršili smo izravno promatranje osoblja, odnosno koordinatora BIM-a, nadzornika gradilišta i nadzornika na projektu. Uzeli smo bilješke na terenu i označili IFC planove u digitalnom formatu na mobilnom tabletu. Navedeni su svi čimbenici ili pojave koje su otežale planirani postupak izvođenja projekta. Kvalitativni podaci poslužili su za dubinsko razumijevanje trenutačnih praksi vezanih uz mjerenje produktivnosti unutar organizacije. To nam je omogućilo i kvalitativnu procjenu evolucije i utjecaja BIM-a na projekt koji je bio pod istragom, i to pribavljanjem pitanja vezanih uz korištenje BIM-a na licu mjesta od strane osoblja. Kvantitativni podaci prikupljeni na ovom projektu bili su: zahtjev za informacijama (RFI) i zapise o promjeni redoslijeda (CO), procjene, proračune i izvješća o troškovima, rasporedi, planovi i specifikacije, kao i digitalni modeli i zapisi zaposlenika. Izvršili smo anketu nakon smrti kako bismo identificirali percepcije projektnog tima s obzirom na BIM i njegov utjecaj na produktivnost rada. Istraživanje je provedeno s voditeljem projekta, koordinatorom projekta, nadzornikom. Pratili smo jedinice proizvedene svakodnevno. To je učinjeno kako bi se ustanovio početni stupanj produktivnosti za projekt. Sva područja su praćena, uključujući i ne-modelirana područja. Namjera je bila pratiti produktivnost u područjima gdje je korišteno prethodno izrađivanje i gdje je BIM korišten za prethodno rješavanje problema i područja u kojima BIM nije bio korišten. Također smo vodili zapisnik projekta i zabilježili sva pitanja ili predmete koji bi spriječili produktivnost, opseg ili tijek rada. Redovito smo se susreli s nadzornikom i nadzornicima web sučelja kako bismo dobili osjećaj za to kako je projekt napredovao i što su svakodnevni izazovi. Pratili smo evoluciju posla na mobilnom tabletu. Mobilna tabletna računala imala su aplikaciju za bilježenje i pregled PDF-a, što nam je omogućilo da prepoznamo posao koji je završen izravno na crtežima. Zabilježili smo izdanje za građevinske crteže (IFC) za ne-modelirana područja, snimke iz modela za modelirana područja i crteže za područja koja su modelirana i montažirana. Također je izvršeno lasersko skeniranje modeliranog područja kako bismo ga usporedili s modelom kada je posao završen [5].

7.3. Građevinski projekt na kojemu je obavljeno istraživanje o utjecaju BIM-a na produktivnost

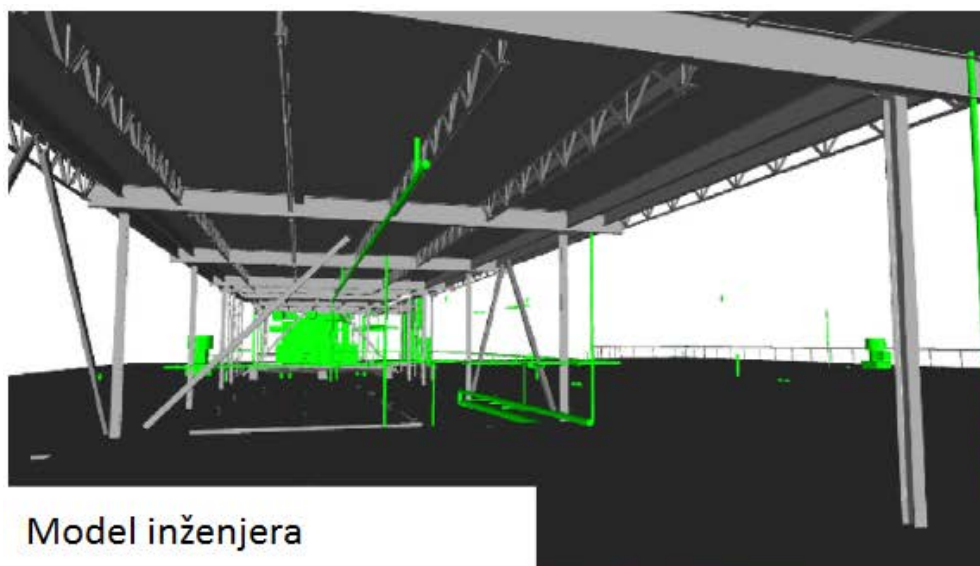
Akcijsko-istraživački projekt proveden je na većoj obnovi sedmerokatnice, 650.000 četvornih metara. Poslovna zgrada smještena u centru Vancouvera u Britanskoj Kolumbiji. Ukupni proračun projekta iznosio je oko 66 milijuna dolara i bio je zakazan za 20 mjeseci. Izvorni proračun mehaničkog dijela projekta iznosio je oko 13,1 milijuna dolara. Projekt je nabavljen pod ugovorom o izgradnji (CM) s velikim općim izvođačem. Organizacija je djelovala kao dizajnerska pomoć i osigurala bruto maksimalnu cijenu (GMP) po završetku projektiranja. Organizacija je podugovorila sav metalni lim i kanalizaciju, zaštitu od požara, izolaciju cijevi

i hlađenje te kontrole. Vodoinstalaterske instalacije, instalacije HVAC-a i instalacija opreme izvedene su samostalno. Budući da je glavna obnova za komercijalnu uporabu (uredski [5] i maloprodajni), projekt je suočen s puno nesigurnosti od početka. Kao i kod ostalih komercijalnih projekata, projektni tim dobio je kratki vremenski okvir za dizajn i puno promjena tijekom izgradnje, zbog stanara koji potpisuju zakup među ostalima, što je dovelo do većeg redizajna planova. To je utjecalo na rad organizacije, uglavnom u čekanju da se izdaju izdaci za dizajn (do tri mjeseca u jednom slučaju) i moraju ukloniti određene elemente koji su već instalirani nakon izdavanja dizajniranih promjena. Radovi koji su se odvijali tijekom procesa ponovnog dizajniranja bili su znatno sporiji. Nadalje, kao i druge velike obnove, mnogi nepredvidivi uvjeti utjecali su na tijek rada. Na primjer, izvorna čelična konstrukcija zahtijevala je mnogo više nadogradnji od prvotno planiranih, naime mehaničkom površinom penthousea i drugim jezgrama. Nadalje, građevinski čelični izvođač doživio je kašnjenja u ispunjavanju njegovog djelokruga. Oba ova pitanja uzrokovala su značajne odgode za organizaciju i druge podizvođače, jer je strukturni čelik bio na kritičnom putu. Drugo pitanje bilo je da je puno mehaničkih i vodovodnih radova, poput kanala i otvora, potrebno raditi oko postojećih uvjeta, uz poštivanje namjere dizajna, poput stropnih visina komercijalnih ureda. U tom je smislu iskustvo nadzornika gradilišta imalo veliku ulogu jer je morao donositi kritične odluke na terenu kako ne bi zadržao napredak. Raspored rada i raspored rada organizacije je diktiran glavnim rasporedom koji je definirao graditelj / glavni izvođač radova. Budući da organizacija nije bila prioritetna kao trgovina, morali su stvoriti put drugim trgovinama, posebno konstrukcijskom čeliku i zgradi. To je stvorilo zagušenja i značilo je da se organizacija stalno preraspodjeljuje kako bi dopustile rad. Na kraju, projekt se nalazio u središtu grada s visokim prometnim količinama i ograničenim prostorom za pohranu i postavljanje. Nadalje, zbog uvjeta na gradilištu, instalirana je samo jedna toranjska dizalica. Stoga je glavni izazov bio isporuka materijala na gradilištu i rukovanje materijalom na licu mjesta. Prema riječima nadzornika organizacije, vrijeme dizalice moralo se rezervirati do dva tjedna unaprijed. U smislu korištenja BIM-a, izvorna namjera bila je imati potpuno koordiniran multidisciplinarni model koji se koristi za vizualizaciju, otkrivanje sukoba, rješavanje sukoba i koordinaciju. Početni sporazum imao je mehaničke inženjere koji će razviti model na razinu detalja koji bi definirao glavne elemente projekta kao što su rute i cjevovodi kanala, a organizacija ih donosi na razinu detalja kako bi se omogućila detaljna koordinacija i izrada. Međutim, kako je projekt napredovao, opseg BIM-a bio je smanjen zbog mnogih razloga. Uglavnom među njima bila je neodlučnost inženjera mehaničkog inženjera da modificiraju i ažuriraju modele kako bi odražavale promjene dizajna zbog kratkog vremenskog okretanja koji je dopušten za izdavanje crteža. Slika 10. je snimka kompletnog modela koji je dao strojarski inženjer. Organizacija, s druge strane, nije imala vremena ažurirati nacrt crteža izrade kako bi odražavala promjene. Stoga je organizacija odlučila smanjiti uporabu BIM-a i usredotočiti se na mehanički penthouse, koji bi mogli većim dijelom montažirati. U tom smislu, samo mehanički penthouse je modeliran i montažiran. Ostatak projekta izveden je na tradicionalan način. Slika 11. prikazuje mehanički penthouse prema modelu inženjera, organizacije i ugrađenog. Budući da je to bila pomoć u dizajnu, dogovoreno je da organizacija potpuno modelira ovaj opseg rada. Podizvođač lima izvodio je i neke modele na ovom projektu kao alat za vizualizaciju i koordinaciju. U konačnici, upotreba BIM-a bila je mnogo manja od onoga što je prvotno bilo namijenjeno. U

svrhu akcijskog istraživanja, međutim, to nam je omogućilo da usporedimo stope produktivnosti unutar istog projekta, za područja modelirana i područja koja nisu modelirana [5].



Slika 10. Snimka kompletnog mehaničkog modela koji je organizaciji uručio inženjer [5]



Slika 11. Strojarnica prema modelu inženjera, organizacije i izvedeno stanje [5]

7.4. Nalazi istraživanja o utjecaju BIM-a na produktivnost

Faza dijagnoze sastojala se u istraživanju i pregledu trenutne prakse organizacije kako u pogledu korištenja BIM-a tako i procjene učinka. Istaknuli su se sljedeći elementi:

- Organizacija je prikupljala nedostatne podatke na razini projekta kako bi se omogućila rigorozna, longitudinalna procjena uspješnosti na organizacijskoj razini. Naime, troškovni su kodovi bili nedovoljni kako bi se omogućila retrospektivna analiza koja bi mogla razoriti projekt na dovoljnu razinu detalja kako bi se izveli vrijedni podaci.
- Osoblje zaduženo za prikupljanje podataka o izvedbi na terenu imalo je i druge odgovornosti koje su često imale prednost.
- Nije bilo osobe odgovorne za usporedbu i prikupljanje svih podataka unutar organizacije. Financijski kontrolor organizacije bio je zaokupljen svojim svakodnevnim zadatkom i nije morao imati vremena za redovito ažuriranje svih točaka analize podataka.
- Položaj organizacije u opskrbnom lancu nije im omogućio mnogo utjecaja na utvrđivanje opsega i opsega BIM-a na projektu. Uglavnom su morali provesti BIM u usamljenim postavkama, što je ograničilo opseg u kojem bi cijeli projektni tim mogao dobiti pogodnosti BIM-a.
- Sve dokazano je da implementacija BIM utječe na predvidljivost ukupnih troškova projekta i troškova rada tijekom vremena, utjecaj BIM na produktivnost rada zahtijeva daljnju istragu.

Procjena utjecaja BIM-a na produktivnost rada bila je stoga usmjerena na akcijsko istraživanje, budući da se BIM smatra da poboljšava produktivnost terena za specijalizirane izvođače negdje drugdje. Važnost ovog posebnog pokazatelja za organizaciju istaknuta je tijekom intervjua autora istraživanja:

Za nas je sljedeći veliki korak dokazati da [BIM] povećava produktivnost. Nastavljamo gledati kad zatvaramo velike poslove, gledamo naše procjene i naše proračune za BIM, a počinjemo nositi značajne, pedeset do stotinu tisuća dolara, upravo sada za veliki posao za BIM inženjerstvo koje su im potrebne. Zato ćemo početi gledati na naše radne čimbenike i kažemo da smo u trenutku kada možemo početi poboljšati naše radne čimbenike. I još nemamo povjerenje. Nemamo ni podatke za to. - generalni direktor

U fazi planiranja akcije, na temelju dijagnoze provedene tijekom longitudinalne studije slučaja, usmjerili smo se na intervenciju kako bi organizacija mogla kvantificirati učinak BIM-a na produktivnost. Nakon što je uspostavio sveobuhvatnu strategiju ocjenjivanja, istraživački tim sastao se s projektnim timom organizacije radi planiranja strategije procjene produktivnosti rada. Identificirali smo točke prikupljanja podataka i mehanizme prikupljanja podataka, varijable projekta i predložili plan izvršenja prikupljanja i analize podataka. Također smo razgovarali o metodama izvješćivanja i agregacije. To je stvorilo osnovu za strategiju procjene produktivnosti rada. Obično organizacija prati između 30 i 45 šifri troškova na projektu zgrade. Ovi se troškovni kodovi razvrstavaju u vrstu aktivnosti - grubi radovi, cjevovodi, HVAC i indirektnu radnu snagu - a zatim u vrstu sanitarne vode, vode za grijanje i hlađenje, instalacije opreme, plina, pare i vodoinstalacije. Kao što je već spomenuto, naša dijagnoza je dokazala da su ti troškovni kodovi nedovoljni kako bi se omogućila stroga

ocjena izvedbe. Stoga smo morali preispitati koji su podaci prikupljeni preoblikovanjem troškovnih kodova. Glavni izazov u utvrđivanju točaka podataka bio je pronalaženje prave ravnoteže između dovoljne preciznosti i ograničavanja odgovornosti prikupljanja podataka: previše podatkovnih točaka vjerojatno bi ometalo praćenje vremena kadrova i nedostatka preciznosti. Također smo morali misliti u planiranju projekata; Točke podataka morale su odgovarati aktivnostima koje su bile lako planirane i praćene. Pri utvrđivanju troškovnih kodova za istraživački projekt, organizacija je otišla s praćenja između 30 i 45 troškovnih kodova do praćenja 113. Dodatna razina preciznosti dodana je troškovnim kodovima: lokacija. Šifre cijene su stoga razbijene po vrsti aktivnosti, vrsti sustava i lokaciji, na primjer, # 6082-ChillWater Piping Level 4_Mechanical Room. Dodavanjem lokacije troškovnim kodovima možemo lakše utvrditi mjeru produktivnosti rada praćenjem jedinica koje se obavljaju na određenom mjestu u određenom vremenu i pratimo kretanje osoblja. Obje komponente vremena i troškova pratile su se i prijavile putem softvera za upravljanje projektom organizacije. Stvarne količine mjerene su na dva načina. Prvi način je vizualno pregledavanje na licu mjesta i obilježavanje izdanih građevinskih crteža (IFC). Označili smo gdje su izvršene izmjene i prilagodili količine koje su uklonjene iz IFC crteža. Drugi način je bio obavljanje laserskog skeniranja mehaničkog penthousea i remodeliranje ugrađenih uvjeta [5].

Procijenjene stope produktivnosti dolazile su iz centralizirane baze podataka organizacije koju je održala treća strana (*Trimble Accubid*). Tijekom procesa procjene ove stope produktivnosti bile su faktorizirane za različite elemente, kao što je složenost projekta. Procjenjuje se da su procijenjene stope produktivnosti pouzdane. Doista, kako dizajn postaje sve složeniji, produktivnost se pogoršava. Stoga smo izračunali težinu svake komponente u sklopu za izračun ukupne instalirane težine. Iako je to bio težak zadatak za većinu projekta, bilo je uvelike olakšano za opseg rada koji je bio modeliran jer se težina komponente može dodati kao parametar u BIM-u i automatski izvući. Za buduća razmatranja organizacija bi mogla razmotriti uključujući i jedinice težine u svojoj bazi podataka o troškovima koja bi se izvela u njihovim procjenama. Za izračun stvarnih izračuna produktivnosti rada korištena je varijacija na tehniku iz Dozzija i AbouRisk za mjerenje produktivnosti iz sustava izvješćivanja o troškovima. Produktivnost rada ocijenjena je u dva navrata:

- 1) stvarna produktivnost rada uspoređena je s procijenjenom produktivnošću rada i
- 2) produktivnost rada uspoređena je između sličnih sustava za područja u kojima je korišten BIM i gdje nije korišten BIM na projektu.

Istražili smo mjere produktivnosti prikazane u tablici 5. zajedno s omjerom produktivnosti prikazane u jednadžbi. Na kraju smo odlučili koristiti stopu produktivnosti jer je intuitivna za organizaciju. Također, korištena je težina kao izlazna varijabla budući da je organizacija predložila da i nakon analize postoji jača korelacija između ulaznih varijabli i težine nego između ulaznih varijabli i duljine (tablica 6.). Prva mjera koju smo pogledali bila je stvarna produktivnost rada u usporedbi s ponudom produktivnosti rada za cijeli projekt (Slike 12 i 13). Slika 12. prikazuje brzinu produktivnosti po tipu sustava, dok Slika 13. prikazuje stopu produktivnosti po razini za cijeli projekt. Razlika tipa sustava je važna zbog, kao što je spomenuto, tipa materijala koji se manipulira i složenosti sustava (tj. Bakrenih cijevi protiv lijevanog željeza ili zavarenih prema žljebnim spojnica). Rezultati ukazuju na stvarnu

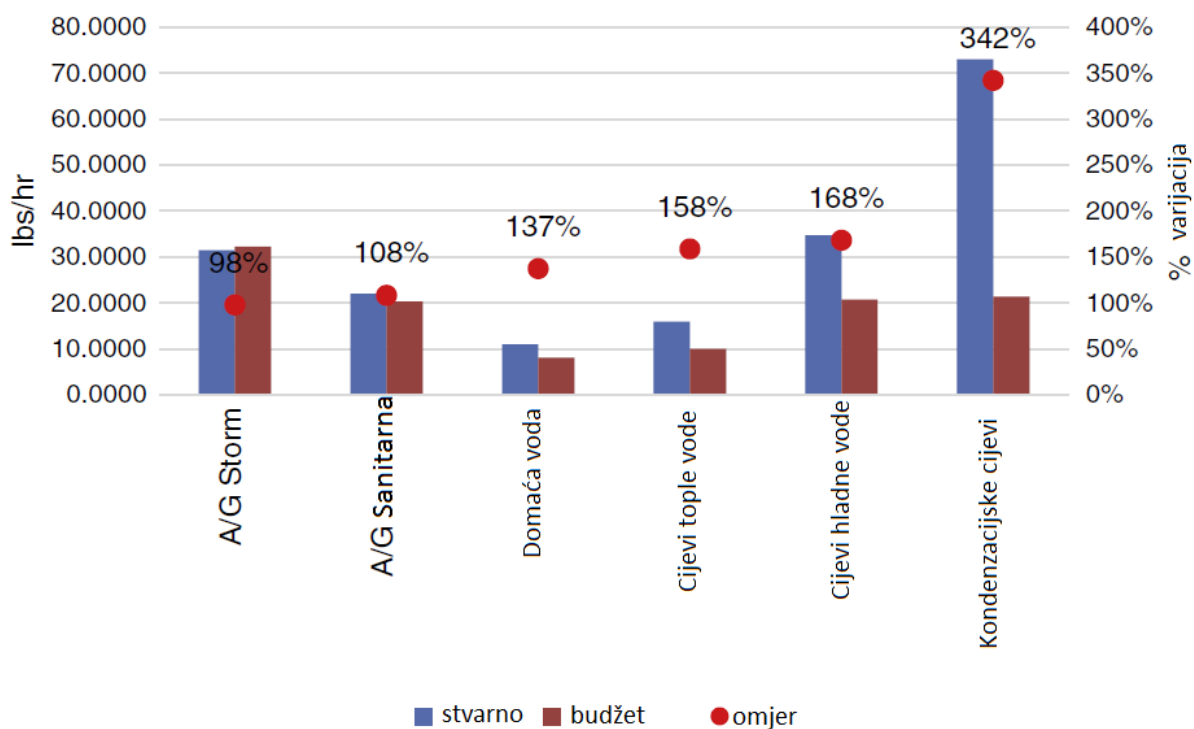
stopu produktivnosti koja je bolja od procijenjene stope produktivnosti u svim[5] sustavima i na svim razinama s penthouseom, gdje je korišten BIM s najvećim omjerom produktivnosti. Nakon što smo uspostavili opće mjere produktivnosti za cijeli projekt, uspoređivali smo područja u kojima je korišten BIM i montaža (mehanička penthouse) gdje BIM nije korišten (ostatak projekta) . Tri cjevovoda posebno su ciljana jer su bili modelirani i montažirani: grijanje vode, hlađenje vode i kondenzatora. U izračun smo uključili vrijeme i troškove prefabriciranosti. Preko tri sustava, proizlazi da je produktivnost rada i po pitanju vremena i troškova bila sustavno veća za područja koja su bila modelirana u odnosu na područja koja nisu bila modelirana. Za produktivnost rada s vremenom kao ulazom, područja koja su modelirana i montažirana pokazuju povećanje produktivnosti u rasponu od 75% do 241% u odnosu na površine koje nisu bile modelirane [5].

Tablica 5. Istražene mjere produktivnosti [5]

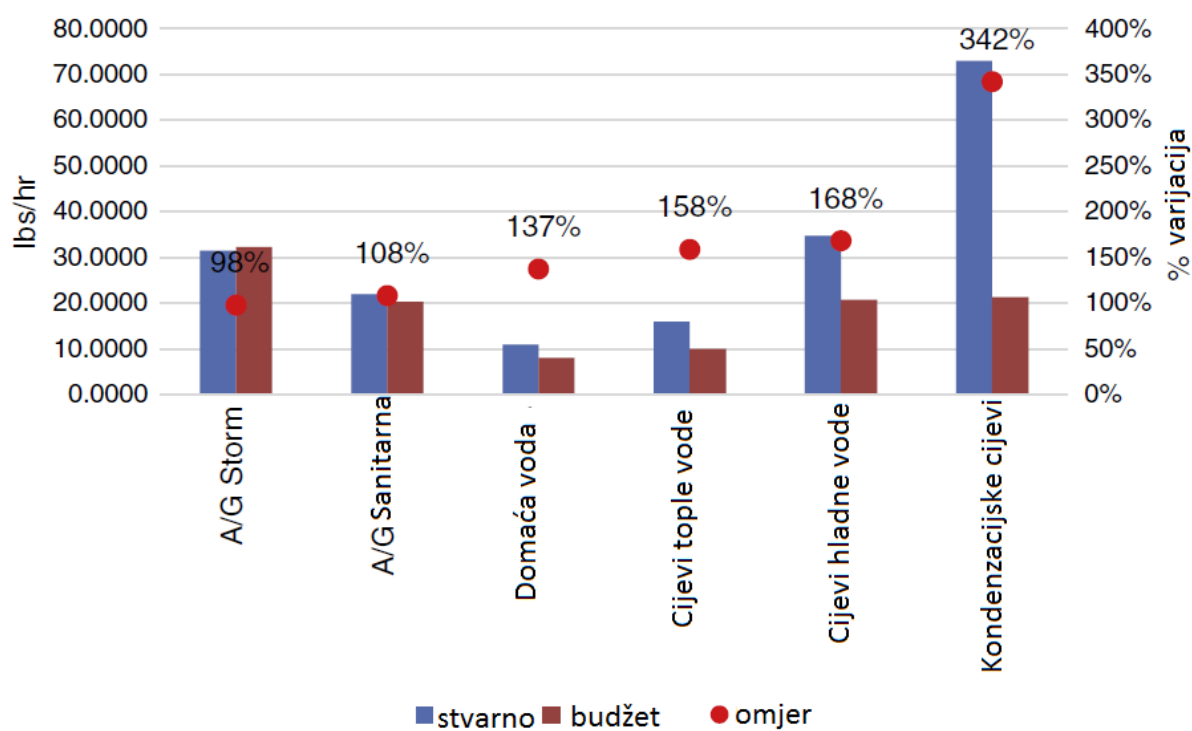
	Izlaz		Ulaz		
	Duljina	Težina	Vrijeme	Cijena	
Izlaz	Duljina		h/ft	h/lb	Produktivnost rada (Eq. (1))
	Težina		\$/ft	\$/lb	
Ulaz	Vrijeme	ft/h	lb/h		Omjer produktivnosti (eq. (2))
	Cijena	ft/\$	lb/\$		

Tablica 6. Koeficijent korelacije ulaznih i izlaznih varijabli produktivnosti rada [5]

Veza	Duljina (ft.)	Težina (lbs.)	Vrijeme(h)	Cijena (\$)
Duljina (ft.)	1.0000			
Težina (lbs.)	0.5360	1.0000		
Vrijeme(h)	0.6698	0.7890	1.0000	
Cijena (\$)	0.7526	0.8222	0.9175	1.0000



Slika 12. Stopa produktivnosti po cijelom projektu sustava [5]



Slika 13. Stopa produktivnosti po razini [5]

7.5. Rasprava o utjecaju BIM-a u provedenom istraživanju Poriera, Staub-Frencha i Forguesa

Faza procjene ovog AR ciklusa promatra promjenu u praksi procjene učinka produktivnosti rada i utjecaja ove promjene na organizaciju. Neformalni razgovori s projektnim timom uključenim u pilot projekt omogućili su nam prepoznavanje izazova u novom pristupu i ocjeni uspješnosti. Prvo, dodavanje troškovnih kodova povećalo je nadzornika i opterećenje predavača za oko 2,5% (otprilike 1 sat tjedno). Specifičnost troškovnih kodova također je predstavljala složenost u procesu praćenja podataka zbog činjenice da su radnici organizacije morali istodobno raditi na različitim sustavima na različitim lokacijama. Ovo ukazuje na veći problem: kako se specijalizacijski poduzetnik može nadati njegovoj izvedbi putem BIM-a kada su važne stavke projekta, kao što je raspoređivanje, izvan njegove kontrole? Ovo pitanje pogoršava se kada je trgovina jedina koja provodi BIM. Cilj praćenja podataka o produktivnosti rada izuzetno je dugotrajan i težak zadatak. Istraživački tim je svakodnevno imao asistenta za istraživanje na licu mjesta. Da bi organizacija to učinila, oni bi morali posvetiti sate na to praćenje ili imati osoblje za izvješća o samostalnom izvješću, koji je bio pokušaj u prošlosti, ali se smatrao neučinkovitim i sklon pogreškama. Istraživački tim također je imao zadatak analizirati podatke. Ovaj je korak također bio vrlo dugotrajan i zahtijevao je strogu analizu velikih količina podataka, točnije listova vremena i projektne dokumentacije. Posljednja faza ciklusa AR, koja određuje učenje, formalizirana je u sljedećoj raspravi. Čimbenici koji se odnose na vizualizacijske sposobnosti, kao i mogućnosti gradnje i montažne opreme BIM-a, snažno se pojavljuju. Jedan od važnih elemenata je i pozitivan utjecaj BIM-a na čvrstu reputaciju, što se može pripisati činjenici da je organizacija bila u mogućnosti da ostali obrti imaju koristi od njihovih modela kroz poboljšanu koordinaciju na licu mjesta, koju podržava BIM. Nadalje, pregledali smo ključne pokazatelje utjecaja BIM-a na produktivnost koju je utvrdio Chelson, koji su: količina zahtjeva za informacijama (RFI), količina prerade, usklađenost rasporeda i promjene naloga zbog sukoba plana. Utvrđeno je da je BIM imao utjecaj na dva od ovih pokazatelja za opseg koji je bio modeliran i montažiran. Doista, nije bilo RFI niti bilo kakvih promjena naloga zbog plana sukoba za strojarnicu. Nismo uspjeli izmjeriti količinu prerade, ali prema nadzorniku nadređenog mjesta bilo je vrlo ograničeno prerađivanje u strojarnici. To se uglavnom može pripisati činjenici da je organizacija preuzela cjelokupni dizajn, modeliranje, izradu i ugradnju mehaničkog stana, zahvaljujući modusu pružanja pomoći za dizajn. BIM, međutim, nije imao utjecaj na usklađenost rasporeda zbog ograničenog opsega i korištenja BIM-a na ovom projektu. Nadalje, korištenje BIM-a na ovom projektu bilo je korisno na mnoge načine:

- Superintendent je mogao dizajnirati raspored cijevi u mehaničkom penthouseu u modelu u skladu s BIM koordinatorom projekta. Sadržavao je sve informacije o tome kako će se graditi penthouse, uključujući crteže s roštiljima. Nadzornik web sitea mogao bi se stoga usredotočiti na proces instalacije i redoslijed radova, a ne za projektiranje penthousea na terenu.
- Korištenje BIM-a kao alata za vizualizaciju, koordiniranje i pregovaranje o radu između specijalnih obrta. BIM je koristio nadzornik web mjesta kako bi razmotrio i pregovarao o lociranju opreme i sekvenciranju posla s ostalim obrtima, osobito električnim izvođačima i izvođačima limova.
- BIM je koristio druge obrte koji nisu sudjelovali u procesu modeliranja, odnosno električnom izvođaču. Na primjer, kabelaška ladica i raspored opreme bili su unaprijed

određeni kroz model u mehaničkom stropu. Električar je znao točno gdje obavljati svoj opseg rada bez ometanja mehaničkog opsega.

Konačno, preporuke koje možemo formulirati iz akcijskog istraživačkog projekta o mjerenju performansi su:

- Kao i svi naponi za upravljanje promjenama, korisnici moraju imati podršku od strane vrhunskog menadžmenta i buy-in-a kako bi se osiguralo uspješno provođenje benchmarkinga i procesa implementacije procjene učinka.
- Pitanja poput troškovnih kodova koji obuhvaćaju previše aktivnosti ili elemenata, vremenski listovi s premalo informacija, neravnopravni proračuni itd. Moraju se riješiti kako bi se dobila odgovarajuća razina detalja u fazama prikupljanja podataka.
- Važno je uzeti u obzir pronalaženje ispravne ravnoteže u utvrđivanju troškovnih kodova: prevelik broj kodnih troškova otežava rad nadređenog polja, dok premali kodovi troškova neće osigurati dovoljno podataka za analizu.
- Veća upotreba BIM-a uzvodno od strane organizacije, a posebno za podršku procjene, pojednostavljuje proces analize podataka tijekom vježbe procjene učinka [5].

7.6. Zaključci istraživanja o utjecaju implementacije BIM-a na produktivnost

Mnoge su studije izvijestile o prednostima BIM-a na temelju anketa i kvalitativnih podataka. Empirijski dokazi o utjecaju BIM-a na izvedbu projekta sve više traže organizacije tako da ne samo da mogu opravdati troškove prijelaza na BIM, nego tako da oni mogu početi kvantificirati izravan utjecaj BIM-a. Poboljšana produktivnost rada jedna je od prijavljenih pogodnosti koje mogu izravno utjecati na ponudu organizacije za rad. Međutim, mjerenje i kvantificiranje utjecaja BIM-a na produktivnost rada izuzetno je zahtjevno. Štoviše, u književnosti je dobio blagu pozornost. Ovaj je članak predstavio nalaz akcijskog istraživačkog projekta usmjerenog na pomaganje organizaciji za ugovaranje specijalnosti u preoblikovanju prakse procjene učinka kako bi se mogao učinkovito procijeniti utjecaj BIM-a na produktivnost rada. Tijekom ovog akcijskog istraživanja, razvijeni su novi kodovi troškova i metode analize podataka kako bi se istraživačkom timu mogla izračunati učinkovita mjera produktivnosti rada koja bi odgovarala različitim stupnjevima kompleksnosti projekta. U tom je slučaju mjerilo postotaka instalirane težine po satu. Unatoč ostrim projektnim stvarnostima koje su značajno utjecale na uspješnost organizacije na proučavanom projektu, znatni su dobici zabilježeni na područjima gdje je korišten BIM i prefabrikacija. Ovo akcijsko istraživanje bilo je prvi korak u tome što organizaciji omogućuje mjerenje i procjenu izvedbe projekta u smislu produktivnosti rada. Međutim, još uvijek je potrebno puno posla kako bi se postigla dosljednost u procesu mjerenja i izvještavanja. Ova konzistentnost će naknadno omogućiti organizaciji da pregledava svoje ponude u skladu s tim. Zbog ograničenog opsega BIM-a i nesigurnosti povezane s njegovom provedbom na bilo kojem projektu, još je uvijek prerano započeti s kvantificiranjem pozitivnog utjecaja BIM-a u ponudu organizacije (tj. smanjiti troškove rada). Međutim, praćenje tih mjera tijekom vremena omogućit će organizaciji dosljednost koja je potrebna kako bi mogli kvantificirati uštede zbog poboljšane produktivnosti rada s povjerenjem. Doista, ti budući ciklusi bi služili dvije svrhe: prvo bi organizacija mogla preispitati i precizirati strategiju vrednovanja i procjene učinka i pobrinuti

se da se pravilno provede i da su se ponašanja u vezi s praćenjem projekata promijenila. Drugo, kako se razvijaju i pojavljuju nove mogućnosti, opseg procjene izvedbe mogao bi se proširiti i uključiti te nove mogućnosti. U kontekstu ovog posebnog ciklusa, posebno smo ciljali produktivnost za procjenu utjecaja BIM-a u ovaj istraživački projekt. Kao što je navedeno u početku, procjena uspješnosti mnogo je šira; strategije procjene usmjerene na sposobnost i zrelost nisu obuhvaćene ovim dijelom istraživačkog projekta. Naravno, istraživanje je provedeno samo na jednom projektu, koji se spominje, ograničava generalizaciju rezultata stvarnih poboljšanja produktivnosti. Očekuje se, međutim, da će provedbom strategije koja je razvijena tijekom akcijskog istraživanja, organizacija će moći replicirati proces procjene učinka kako bi izgradio svoju bazu podataka koja se odnosi na povećanje produktivnosti rada kroz implementaciju BIM-a [5].

8.PRIMJENA LEAN KONCEPTA ZA POBOLJŠANJE PROUKTIVNOSTI

Produktivnost građevinske industrije širom svijeta opada tijekom posljednjih 40 godina. Jedan pristup za poboljšanje situacije je uporaba lean konstrukcije. Lean izgradnja rezultat je primjene novog oblika upravljanja proizvodnjom do gradnje. Osnovna obilježja lean koncepta uključuju jasan skup ciljeva za proces isporuke, s ciljem maksimiziranja performansi za kupca na razini projekta, izgradnje i primjene kontrole projekata tijekom životnog ciklusa projekta od projektiranja do isporuke. Sve veći broj građevinskih akademika i stručnjaka ulazi u zidine konvencionalnog upravljanja gradnjom u nastojanju da osigura veću vrijednost vlasnicima, a istovremeno stvara stvarne zarade. Kao rezultat toga, usko su se pojavili alati koji su uspješno primijenjeni na jednostavne i složene građevinske projekte. Općenito, Lean građevinskim projektima lakše je upravljati, sigurnijim, dovršenima i manje troškovima i kvalitetnijima. Značajna istraživanja ostaju kako bi dovršili prijevod na izgradnju lean razmišljanja u Egiptu. Ovo istraživanje će raspravljati o načelima, metodama i fazi implementacije lean konstrukcije koja pokazuje otpad u građevinarstvu i kako se to može minimizirati. Tehnika zadnjeg planerskog sustava, dokazala je da bi mogla poboljšati prakse upravljanja gradnjom u različitim aspektima. Također, namijenjeno je razvijanju metodologije za procjenu procesa i određivanju područja za poboljšanje temeljeno na načelima slabog pristupa [2].

8.1.Začetci Lean proizvodnje

Od 1950-ih godina, *Toyota Motor Company* uspješno je implementirala načela Lean proizvodnje vozila ili Toyotinog sustava proizvodnje. Toyotin proizvodni sustav imao je dva stupa koncepta: samo u vremenskom toku (JIT) i autonomiju (pametna automatizacija) kako je detaljnije prikazano na slici 1. Izraz "lean" je koncipiran od strane istraživačkog tima radeći na međunarodnoj auto proizvodnji kako bi odražavala i prirodu smanjenja otpada Toyotinog proizvodnog sustava i suprotstaviti se obrtništvu i masovnim oblicima proizvodnje. Polazeći od nastojanja da se smanji vrijeme postavljanja stroja i utječe TQM, razvijen je jednostavan skup ciljeva za dizajn sustava proizvodnje, uključujući [2]:

- 1) prepoznavanje i isporuka vrijednosti vrijednosti kupca: eliminirati sve što ne dodaje vrijednost;
- 2) organizirati proizvodnju kao kontinuirani tok;
- 3) Savršeni proizvod i stvaranje pouzdanog protoka kroz distribuciju informacija i donošenje odluka;
- 4) slijediti savršenstvo: isporučiti po narudžbi proizvod udovoljen zahtjevima kupca.

Slaba proizvodnja ima za cilj dizajniranje i stvaranje stvari koje se razlikuju od mnoštva i obrtničkih oblika proizvodnje ciljevima i tehnikom te za optimizaciju rada sustava proizvodnje prema standardu savršenstva kako bi se zadovoljili jedinstveni zahtjevi kupaca. Početkom 90-tih godina nova filozofija proizvodnje, poznata po nekoliko različitih imena, je sljedeća:

- 1) proizvodnja svjetske klase;
- 2) slaba proizvodnja; i
- 3) novi proizvodni sustav.

Novi pristup također se proširio na nova područja, poput prilagođene proizvodnje, usluga, administracije i razvoja proizvoda. Od 1992. Koskela je izvijestila o prilagodbi slaganih koncepata proizvodnje u građevinarstvu i predstavila paradigmu upravljanja proizvodnjom gdje je proizvodnja koncipirana na tri komplementarna načina:

- 1) Transformacija;
- 2) protjecanje; i
- 3) proizvodnja vrijednosti (TFV) teorije proizvodnje.

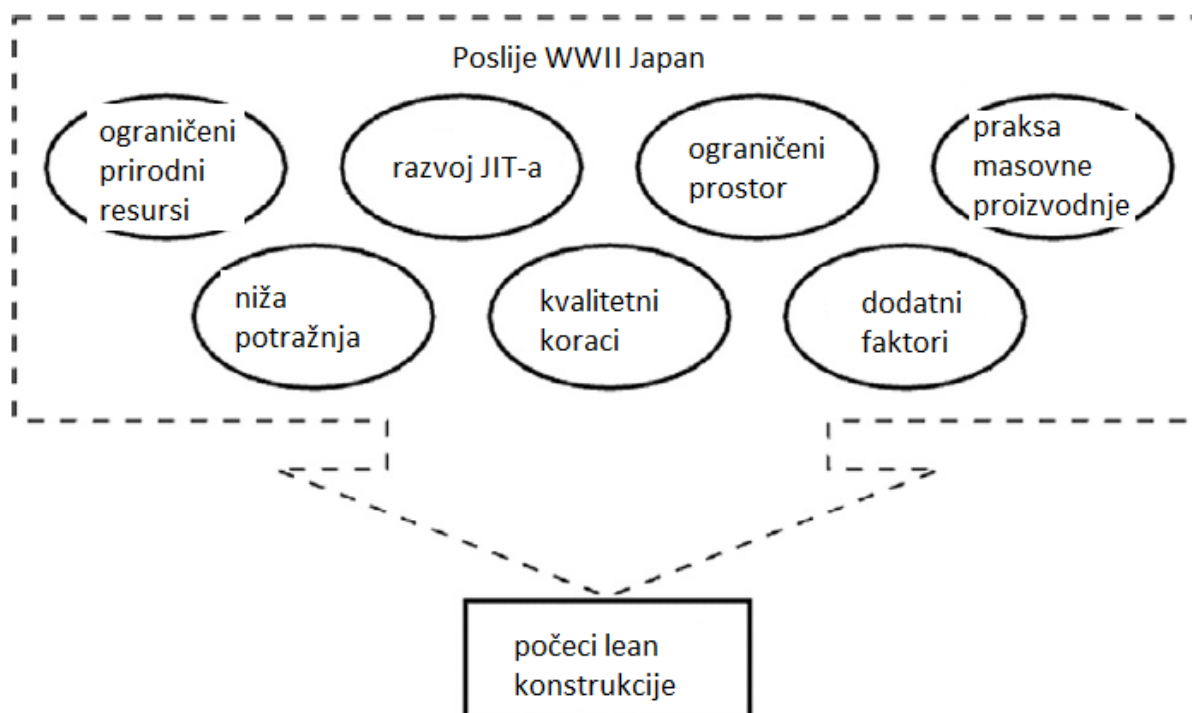
Ovaj trodijelni pogled na proizvodnju doveo je do stvaranja Lean koncepta [2] kao discipline koja podrazumijeva suvremenu izgradnju dominantne transformacije. Upravljanje gradnjom pod lean razlikuje se od tipične suvremene prakse, jer:

- 1) ima jasan set ciljeva za proces isporuke;
- 2) ima za cilj maksimiziranje performansi za kupca na razini projekta;
- 3) projektira istodobno proizvod i proces;
- 4) primjenjuje kontrolu proizvodnje tijekom trajanja projekta.

Prvi cilj Lean koncepta mora biti u potpunosti razumjeti fiziku proizvodnje, učinke ovisnosti i varijacije duž lanaca opskrbe i montaže. U Lean produkciji kao i u cijeloj industriji:

- 1) Planiranje: određivanje kriterija za uspjeh i stvaranje strategija za postizanje
- 2) Kontrola: nalaženje događaja u skladu s planom i poticanje učenja i ponovnog planiranja su dvije strane novčića koji se dalje okreće tijekom projekta.

U ovom istraživanju raspravljat će se principi, metode i faze implementacije Lean koncepta koji prikazuju otpad u građevinarstvu i kako se to može minimizirati. Tehnika zadnjeg planerskog sustava (LPS), koja je važna primjena nerazumnih konstrukcija i metodologija konstrukcije, te je prevladavajuća, dokazala je da bi mogla poboljšati prakse upravljanja gradnjom u različitim aspektima i donijeti brojne prednosti, tako da će građevinski projekti biti stabilniji i manje stresan za sve uključene zainteresirane strane smanjenjem ovisnosti i varijacija za prepoznavanje i uklanjanje otpada (aktivnosti koje ne dodaju vrijednosti)[2].



Slika 14. Počeci lean proizvodnje[41]

8.2. Istraživanje R.F. Aziza i S.M. Hafeza

Upravljanje građevinom i tehnologija dva su ključna čimbenika koji utječu na razvoj građevinske industrije. U posljednjih 40 godina, iako je nekoliko novih i naprednih tehnologija primijenjeno na građevinske projekte, učinkovitost industrije je ostala prilično niska. Na primjer, produktivnost građevinske industrije SAD-a opada od 1964. Sličan pad građevinske produktivnosti također se dogodio iu drugim zemljama. Japan, na primjer, smanjio se s 3714 na 2731 Yen / radnik / sat tijekom razdoblja 1990-2004. Čini se da je glavni razlog tome što nove tehnologije ne mogu učinkovito smanjiti troškove dizajna i gradnje, dok istodobno poboljšavaju upravljanje procesom građenja. Na primjer, iako je tehnika računalno potpomognuta dizajnom (CAD) poboljšala učinkovitost crteža, ona ne može smanjiti dizajn pogreške, a to, opet, može uzrokovati potrebu za preradom izgradnje, što je teško za građevinske menadžere da optimiziraju proces izgradnje i smanje troškove. Ovo je osobito važno pitanje za projekte dizajniranja / gradnje (D / B), pri čemu je cilj smanjiti troškove i povećati kvalitetu poboljšanim konstrukcijama dizajna zgrade. Međutim, nove tehnologije još uvijek ne mogu učinkovito podržavati provedbu D / B projekata. Stoga će primjena i odgovarajuće nove tehnologije i suvremenih koncepata upravljanja vjerojatno biti dva učinkovita pristupa poboljšanju učinkovitosti građevinske industrije. Jedna od novih filozofija upravljanja koja se razmatra za građevinarstvo u Velikoj Britaniji je ona Lean razmišljanja. Lean koncepta, slično kao i sadašnja praksa, ima za cilj bolje ispunjavanje potreba kupaca, dok koristi manje od svega, pojam koji je izradio *International Group for Lean Construction 1993*, Gleeson i Townend istraživali su mnogi istraživači posljednjih godina. To se odnosi na

primjenu načela i praksi slabije proizvodnje u projektiranju i izgradnji kako bi se povećala vrijednost i smanjila količina otpada. Došlo je do nekog uspješnog iskustva u provedbi Lean koncepta. Primjerice, Conte i Gransberg ispituju načela koja se primjenjuju u primjeni Lean koncept od preko 20 građevinskih tvrtki u Brazilu. Slično tome, Wright je predstavio nekoliko slučajeva koji uključuju uporabu slabe konstrukcije. Međutim, primjena Lean koncepta je još uvijek u početnim fazama. Kako bi se poboljšala implementacija mršave konstrukcije, Miller i sur. predložio je usklađivanje glavnih izvođača radova i kooperanata kao preduvjet, dok su Thomas i sur. predložio je smanjenje varijabilnosti za poboljšanje performansi i poboljšanje pouzdanosti radnog tlaka za bolju produktivnost kao lean konstrukcijske principe [2].

Bashford i sur. također je uveo model upravljanja proizvodnjom u stambenu izgradnju; Predstavljen je Lean model upravljanja izgradnjom stambenih zgrada visokih zgrada, koji je razvijen za *LEAPCON* koji je simulirao Lean izgradnju visokih stambenih zgrada, Sacks et al. predložio je modeliranje informacijskih podataka o zgradama temeljenim na sustavu Lean proizvodnje. Gabriel ilustrirao je studije slučaja, razvijen koncept upravljanja Lean projektima, koji je prepoznao da su sustav i filozofiju bolje razumjeli sudionici, koji sami daju i pridonose mehanizmima kontrole projekta. Voditelj projekta postaje individualni voditelj projektnog tima za klijenta, izvor donošenja odluka i kanal za komunikaciju. Pristup je bio uspješan na složenim zgradama tijekom 10 godina i mogao bi biti od opće primjene na širokom rasponu upravljanja projektima i upravljanja projektnim okruženjima. Al-Sudairi i sur. izvijestili su o privremenim rezultatima studije za procjenu Lean načela kada se primjenjuju na izgradnju pomoću računalne simulacije. Podaci za strukturni proces montaže čelika modelirani su kako bi stvorili eksperimentalni alat za procjenu slabih principa. U svim slučajevima, simulirani principi poboljšali su performanse projekta. Izvedba se dramatično poboljšala kada se sva načela istodobno primjenjuju. Thomas i sur. istražili su Lean načelo, što pouzdanije tokove vode do bolje radne uspješnosti. Istražuju se aktualni podaci iz tri projekta izgradnje mosta kako bi se dokumentirali slučajevi slabe pouzdanosti izvora protoka i njegovog utjecaja na radnu učinkovitost. Izračunava se neučinkovito vrijeme rada. Rezultati su pokazali da postoji snažna podrška da pouzdaniji materijal, informacije i dostupnost opreme doprinose boljem radu. Salem testirali su učinkovitost nekih neravnih građevinskih alata, posebno onih alata koji se mogu primijeniti u srednjim građevinskim tvrtkama. Zbog uspjeha sustava Lean proizvodnog procesa u proizvodnji, građevinska industrija je prilagodila Lean tehnike za uklanjanje otpada i povećanje profita. Provedeno je terensko istraživanje kako bi se ocijenila učinkovitost nekih mršavih tehnika gradnje. Metode prikupljanja podataka obuhvaćale su izravna opažanja, intervju, upitnike i dokumentarnu analizu. Učinkovitost neravnih građevinskih alata vrednovana je pomoću standardnog mjernog standarda i kriterija izvedbe. Utvrđeno je da su posljednji planer, povećana vizualizacija, dnevni sastanci i druženja s prvim studijama postigli učinkovitije rezultate nego što se očekivalo. Međutim, rezultati provedbe procesa 5S i neuspjeh za kvalitetom nisu zadovoljili očekivanja alatnih prvaša i istraživačkog tima. Utvrđeno je da postoji potreba za promjenama u ponašanju i osposobljavanju za učinkovitu uporabu laganih alata. Većina nakošenih građevinskih alata, odabranih za projekt, spremni su za uporabu ili se preporučuju uz neke izmjene. Agbulos et al. je predstavio razvoj koji je uključivao poboljšane metode rada i standardizirane produktivnosti za različite postupke odvodnje. Koncept radnog mjerenja

proveden je kako bi se razvili standardi produktivnosti za preostale posade kako bi se poboljšala njihova produktivnost i fokusirala na šest posada. Autori su opisali primjenu filozofije industrijskog inženjerstva za mjerenje rada teorije Lean proizvodnje i tehnike simulacijske analize kako bi se obuhvatile trenutne metode rada, generirale i testirale alternativne metode te razvili novi standardi produktivnosti za posade operacija održavanja drenaže[2].

Kao odgovor na probleme izgradnje koji su ranije diskutirani, istraživanje Aziza i Hafiza nastoji potvrditi sljedeće ciljeve:

- 1) Odredite provedbu lean ideala;
- 2) Utvrditi izvor otpada klasificiranih u lean građevinskoj industriji;
- 3) Ispitati opće percepcije građevinske industrije sa lean konstrukcijskim načelima prakse;
- 4) Studija smanjenja i uklanjanja otpada klasificiranih kao razvoj sustava Last Planer kao tehnika izvedbe malih gradnji i procjena učinkovitosti provedbe posljednjeg planera radi povećanja pouzdanosti plana;
- 5) ispitati povezanost između lean konstrukcija i programa poboljšanja performansi u građevinskim organizacijama; I
- 6) analizirati karakteristike uspješnih programa poboljšanja performansi i razviti model koji identificira tri ključna elementa:
 - a) vrijeme provedeno na poboljšanju,
 - b) vještine i mehanizme poboljšanja, i
 - c) perspektivu poboljšanja i ciljeve) [2].

8.3. Tijek uvođenja Lean koncepta

Lean implementacija počinje s predanosti vodstva i održava se kulturom kontinuiranog unapređenja. Kada se načela primjenjuju ispravno, dramatična poboljšanja u pogledu sigurnosti, kvalitete i učinkovitosti mogu se postići na razini projekta. Poboljšanja na razini procesa i poduzeća su omogućivači koji poboljšavaju na razini projekta i dopuštaju da takva poboljšanja budu održiva [2] prema IZVORU [42].

Lean ideal pruža prilagođeni proizvod koji odgovara svrsi i odmah se isporučuje bez otpada do sljedećih akcija koje bi mogle biti neophodne kako bi projekti ostvarivali taj ideal [2] prema IZVORU [43].

Sposobnost pojedinaca i organizacija da slijede taj proces će se razlikovati od položaja i okolnosti, ali u mjeri u kojoj je to moguće, na projektima treba provesti sljedeće[2] prema IZVORU [43]:

- 1) odabrati dobavljače koji su spremni prihvatiti lean projekt;
- 2) ustrojiti organizaciju projekta kako bi se omogućilo da se novac pomakne u potrazi za najboljim projektnim povratima;
- 3) definirati i uskladiti opseg projekta, proračun i raspored;
- 4) Istražite prilagodbu i razvoj metoda;
- 5) donositi odluke o dizajnu, uz izričite alternative prema navedenim kriterijima;
- 6) Kontrola proizvodnje u praksi sukladno lean načelima;

- 7) graditi kvalitetu i sigurnost u projekte;
- 8) Provođenje JIT-a i višeorganizacijskih procesa nakon potražnje na mjestu;
- 9) koristiti evaluacije i planiranje procesa koji pretvaraju materijale;
- 10) Koristiti računalno modeliranje za integriranje dizajna proizvoda i procesa;
- 11) Koristiti 5S radionice: alat za organizaciju radnog mjesta i promicanje timskog rada (S1) Razvrstavanje kroz predmete, održavanje onoga što je potrebno i raspolaganje onim što nije; (S2) Ispravite: organizirajte i označite sve; (S3) Sjaj: čisto; Što također može otkriti abnormalne i pred-neuspjeh uvjetima; (S4) Standardizacija: razviti pravila za održavanje prva tri S; i (S5) Održavaju: uspijevaju održavati stabilizirano radno mjesto i pokrenuti kontinuirano poboljšanje kada je to potrebno i
- 12) Primijeniti vrijednost strujanja karata kako bi bili vidljivi svi koraci u procesu. One se mogu organizirati posebno za projekte i prethode fazi prije projekta [2].

8.4. Gubici kod građenja

Upravljanje gradnjom ima mnogo problema, a većina je praktična koja se treba riješiti ili bolje shvatiti. Kao rezultat toga, građevinska industrija je preplavljena kašnjenjem i često je pretrpjela troškove i vrijeme. Alsehaimi i Koskela su izvijestili da je loše upravljanje projektom dominantan i uobičajen razlog kašnjenja u građevinskim projektima. Slijedom toga, ovi problemi vezani uz upravljanje, osobito, trebaju se razumjeti, a naponi moraju biti usmjereni na razvijanje rješenja i učinkovitije metode rada. Uvođenje novih proizvodnih filozofija u gradnju zahtijeva nove mjere izvedbe, kao što su otpad, vrijednost, vrijeme ciklusa ili varijabilnost. Studije u Velikoj Britaniji pokazuju da je do 30% gradnje prerađeno, samo 40-60% potencijalne radne učinkovitosti, nesreće mogu iznositi 3-6% ukupnih troškova, a najmanje 10% materijala gubilo se. Troškovi prerade u australskim građevinskim projektima prijavljeni su do 35% ukupnih troškova projekta i doprinose čak 50% ukupnih troškova prelaska projekta. Zapravo, prerađivanje je jedan od primarnih čimbenika koji doprinose lošoj izvedbi i produktivnosti australske građevinske industrije. Općenito, pretpostavlja se da u građevinarstvu postoji vrlo visoka razina otpada / aktivnosti bez dodane vrijednosti, a teško je mjeriti sav građevinski otpad. Nekoliko djelomičnih studija iz različitih zemalja potvrdilo je da otpad u građevinarstvu predstavlja relativno velik postotak troškova proizvodnje. Postojanje značajnog broja otpada u konstrukciji osiromašilo je ukupnu učinkovitost i produktivnost industrije, a potrebno je poduzeti određene ozbiljne mjere kako bi se ispravila trenutna situacija. Mjere otpada učinkovitije su za potporu upravljanja procesima jer omogućuju da se neki operativni troškovi pravilno modeliraju i generiraju informacije koje obično imaju smisla zaposlenicima, stvarajući uvjete za provedbu decentralizirane kontrole. Otpad je definiran kao "sve što se razlikuje od apsolutnog minimalnog iznosa resursa materijala, opreme i radne snage potrebne za dodavanje vrijednosti proizvodu." Općenito, svi gubici koji nastaju djelatnostima koje stvaraju izravne ili neizravne troškove, ali ne dodaju vrijednost proizvodu sa stajališta klijenta može se nazvati gubitkom, tj. "otpadom" (*waste*). [44]." Gubici se mjeri u smislu troškova; Druge vrste otpada odnose se na učinkovitost procesa, opreme ili osoblja te ih je teže mjeriti jer optimalna učinkovitost nije uvijek poznata [2].

Aktivnosti dodavanja vrijednosti i dodavanja ne-vrijednosti koje nisu vrijednosti mogu se definirati na sljedeći način:

- 1) Aktivnosti dodavanja vrijednosti: one koje pretvaraju materijale i / ili informacije u pretraživanju kako bi udovoljile zahtjevima klijenta i
- 2) Vremena, resursa ili prostora, ali ne dodajte vrijednost proizvodu.

Otpad u građevinarstvu posljednjih je godina bio predmetom nekoliko istraživačkih projekata širom svijeta. Međutim, većina se studija usredotočuje na otpad materijala, što je samo jedan od resursa uključenih u proces izgradnje. Čini se da je to povezano s činjenicom da se većina studija temelji na modelu pretvorbe u kojemu se materijalni gubici smatraju sinonimom otpada. Mnogi ljudi u industriji smatraju da je otpad izravno povezan s otpadom uklonjenim s mjesta i odlagali na odlagalištima i predložili su da je glavni razlog za to relativno usko viđenje otpada možda činjenica da je to relativno lako vidjeti i mjeriti. Glavni fokus za one konvencionalne studije o otpadu materijala u građevinarstvu smatra se ograničenim na fizički otpad ili materijalni otpad u građevinarstvu i / ili specifične utjecaje zbog samog fizičkog otpada. Formoso i sur. značajno je grupirala neka istraživanja i studije koje su ostali istraživači diljem svijeta učinili o otpadu u građevinarstvu, u dva glavna aspekta utemeljena na utjecaju građevinskog otpada:

- 1) Istraživanja i studije uglavnom su se usredotočili na utjecaj na okoliš rezultat je stvaranja materijalnog otpada s ciljem smanjenja proizvodnje otpada na izvoru te predlaganja alternativnih metoda za obradu građevinskog otpada kako bi se smanjila potražnja za područjima za odlaganje, drugi koji se odnose na mjerenje i sprečavanje građevinskog otpada u vezi s zahtjevima održivosti koje su navele nizozemske politike zaštite okoliša;
- 2) Istraživanja i studije uglavnom se odnose na ekonomske utjecaje otpada u građevinarstvu i zaključili su da postoji znatna količina otpada koja se može izbjeći usvajanjem relativno jednostavnih postupaka sprječavanja.

Ostala su istraživanja također istaknula da su skladištenje i rukovanje glavni uzroci otpada, dok je većina problema vezanih uz otpad na gradilištima povezana s nedostacima u sustavu upravljanja i vrlo malo veze s nedostatkom kvalifikacija radnika. U osnovi, Koskela traži dokaze o otpadu i gubitku vrijednosti zbog:

- 1) kvalitete radova;
- 2) konstruktivnost;
- 3) upravljanje materijalima;
- 4) neproizvodno [2] vrijeme;
- 5) sigurnosni problemi.

Formoso i sur. predložio je glavnu klasifikaciju otpada temeljem analize nekih brazilskih gradilišta koje su proveli kao:

- 1) Prekomjerna proizvodnja: vezana uz proizvodnju većeg broja potrebnih ili ranije nego što je potrebno. To može prouzročiti gubitak materijala, radnih sati ili upotrebe opreme. Obično proizvodi zalihe nedovršenih proizvoda ili čak njihov ukupni gubitak, u slučaju materijala koji se mogu pogoršati. Primjer takvog otpada je prekomjerna proizvodnja žbuke koja se ne može upotrijebiti na vrijeme;
- 2) Zamjena: je monetarni otpad uzrokovan zamjenom materijala skupim (s nepotrebno boljom izvedbom); Izvršavanje jednostavnih zadataka od strane ovlaštenog radnika; Ili uporabu visoko sofisticirane opreme gdje bi bilo mnogo jednostavnije;

3) Vrijeme čekanja: u odnosu na vrijeme mirovanja zbog nedostatka sinkronizacije i izravnivanja tijeka materijala i tempom rada različitih skupina ili opreme. Jedan primjer je vrijeme neaktivnosti uzrokovano nedostatkom materijala ili nedostatkom radnog mjesta dostupnog za bande;

4) Prijevoz: odnosi se na unutarnje kretanje materijala na licu mjesta. Prekomjerno rukovanje, uporaba neadekvatne opreme ili loših uvjeta putanja mogu uzrokovati takav otpad. Obično se odnosi na loš plan i nedostatak planiranja materijalnih tokova. Njegove glavne posljedice su sljedeće: otpad radnih sati, otpad energije, otpad prostora na gradilištu i mogućnost materijalnog otpada tijekom prijevoza;

5) Prerada: odnosi se na prirodu obrade (pretvorbe) aktivnosti, što bi se moglo izbjeći samo mijenjanjem tehnologije građenja. Primjerice, postotak mortova obično se gubi kada se strop žbuka;

6) Zalihe: odnose se na prekomjerne ili nepotrebne zalihe koje vode do materijalnog otpada (pogoršanjem, gubitkom zbog neadekvatnih uvjeta zalihe na licu mjesta, pljačke i vandalizma) te monetarnih gubitaka zbog vezanog kapitala. To može biti rezultat nedostatka planiranja resursa ili neizvjesnosti procjene količina;

7) Pokret: bave se nepotrebnim ili neučinkovitim kretanjima koje su radnici radili tijekom njihovog posla. To može biti uzrokovano neadekvatnom opremom, nedjelotvornim načinima rada ili lošim rasporedom radnog mjesta;

8) Proizvodnja neispravnih proizvoda: dolazi kada krajnji ili međuproizvod ne odgovara specifikacijama kvalitete. To može dovesti do prerade ili ugradnje nepotrebnih materijala u zgradu (neizravni otpad), kao što je prekomjerna debljina žbuke. To može biti uzrokovano širokim rasponom razloga: loš dizajn i specifikacija, nedostatak planiranja i kontrole, slaba kvalifikacija timskog rada, nedostatak integracije između dizajna i proizvodnje itd. ;

9) Ostalo: otpad bilo koje druge prirode od prethodnih, kao što su provale, vandalizam, vremenske prilike i nesreće. Alarcon je podijelio kontrolirani otpad u tri različite aktivnosti koje se povezuju s tijekovima, pretvorbama i upravljanju:

1) Kontrolni uzroci povezani s tijekovima:

A) Resursi:

I) Materijali: nedostatak materijala na radnom mjestu ; Materijali nisu dobro raspoređeni; Neadekvatna sredstva za transport;

II) Oprema: nedostupnost; neučinkovito korištenje; neadekvatna oprema za radne potrebe;

III) rad: osobni stavovi radnika; pobuna radnika;

B) informacije:

I) nedostatak informacija;

II) slaba kvaliteta informacija;

III) vrijeme isporuke nije dostatno;

2) Kontrolni uzroci povezani s pretvorbom:

A) Metoda:

I) manjkav dizajn radnih posada;

II) neodgovarajuće postupci; i

III) neadekvatna podrška radnim aktivnostima;

B) Planiranje

I) nedostatak radnog prostora;

- II) previše ljudi koji rade u smanjenom prostoru;
- III) loši radni uvjeti;
- C) Kvaliteta:
 - I) loša izvedba radova;
 - II) oštećenja na radu koja je već gotova; i
- 3) kontrolirani uzroci povezani s aktivnostima upravljanja:
 - A) odlučivanje:
 - I) slaba raspodjela rada na rad; i
 - II) slaba distribucija osoblja;
 - B) neučinkovit nadzor: slab ili nedostatak nadzora.

Modeliranje, procjena otpada i performanse u građevinskim projektima već desetljećima predstavljaju izazov građevinskoj industriji. Predloženo je nekoliko modela i postupaka za procjenu uspješnosti projekta na razini projekta. Neki od tih modela usredotočuju se na predviđanje izvedbe projekta, dok se drugi usredotočuju na mjerenje. Tradicionalni modeli nude samo ograničeni skup mjera jer većina njih ograničava njihovu analizu na niz mjera kao što su troškovi, raspored ili produktivnost (obično produktivnost rada). Nedostatci tradicionalnih kontrolnih sustava i modela nisu u stanju ili nisu prikladni za mjerenje tih novih elemenata izvedbe, ali Alarcon je sugerirao da se neki od koncepata razvijenih u prethodnim istraživanjima mogu koristiti za modeliranje novih elemenata izvedbe za izgradnju potrebnih za kontinuirano poboljšanje. Vrijedno je istaknuti neka mišljenja različitih istraživača i autora koji se odnose na opseg elemenata izvedbe u aspektima procesa građenja. Karakterizirao je performanse u sedam kriterija ili elemenata na kojima bi rukovodstvo trebalo usmjeriti svoje napore na:

- 1) Učinkovitost: mjera ostvarenja stvari;
- 2) Produkcija: Mjera korištenja sredstava. Može se predstaviti kao omjer resursa koji se očekuje da će se potrošiti i podijeliti s izvorima koji su stvarno potrošeni;
- 3) Kvaliteta: mjera sukladnosti s specifikacijama;
- 4) Produktivnost: Teoretski, to je definirano kao omjer između izlaza i ulaza, a primarno se mjere u smislu troškova. U kontekstu građevinske industrije, izlaz je struktura ili objekt koji je izgrađen ili neke njegove komponente. Glavni ulaz u proces izgradnje uključuje radnu snagu, materijale, opremu, upravljanje, energiju i kapital;
- 5) Kvaliteta radnog vijeka: mjera afektivnog odgovora zaposlenika na rad i život u organizacijskim sustavima. Često je fokus menadžmenta osiguranje da su zaposlenici zadovoljni, sigurni i tako dalje;
- 6) Inovacija: Ovo je kreativna prilagodba procesa proizvoda, usluga, procesa ili strukture kao odgovor na interni; kao i vanjski; pritisaka, zahtjeva i promjena, potreba i tako dalje;
- 7) profitabilnost: mjera ili skup mjera odnosa između financijskih sredstava i koristi za ta financijska sredstva [2].

8.5. Načela Lean razmišljanja

Postoji pet temeljnih načela za Lean, koje se moraju slijediti korak po korak kako bi se postigla maksimalna korist od Lean uspjeha:

- 1) Navedite vrijednost: Navedite vrijednost prema vlastitoj definiciji i potrebama te utvrdite vrijednost aktivnosti koje generiraju vrijednost krajnjem proizvodu;
- 2) Prepoznajte tok vrijednosti: utvrdite tok vrijednosti eliminiranjem svega što ne proizvodi vrijednost krajnjem proizvodu. To znači da zaustavite proizvodnju kad nešto ide po zlu i odmah promijenite. Procesi koji se moraju izbjegavati su nedostatak proizvodnje, prekomjerna proizvodnja (ponovljena proizvodnja istog tipa proizvoda itd.), skladištenje materijala i nepotrebnih procesa, prijevoz materijala, kretanje radne snage i proizvoda, te konačno proizvodnja proizvoda koji ne ispunjavaju željeni standard kupca, kao i sve vrste nepotrebnog vremena čekanja;
- 3) Protok: Osigurajte kontinuirani protok u procesu i lancu vrijednosti fokusiranjem na cijeli opskrbni lanac. Fokus mora biti na procesu, a ne na krajnjem proizvodu. Međutim, protok nikada neće biti optimalan dok se ne specificira vrijednost klijenta i identificira se tok vrijednosti;
- 4) Povucite: umjesto guranja povucite u proizvodni i građevinski postupak. To znači proizvesti točno ono što klijent želi u trenutku kada ga kupac treba i uvijek se priprema za promjene koje je izvršio kupac. Ideja je smanjiti nepotrebnu proizvodnju i koristiti alat za upravljanje "Upravo na vrijeme" (*Just In Time*); [2] i
- 5) savršenstvo: cilja na savršeno rješenje i stalna poboljšanja. Isporučujemo proizvod koji zadovoljava potrebe i očekivanja kupaca u dogovorenom vremenskom rasporedu i u savršenom stanju bez pogrešaka i nedostataka. Jedini način da to učinite je bliska komunikacija s kupcom / klijentom, kao i upraviteljima, a zaposlenici su međusobno povezani [2].

Koskela je sažeo Lean razmišljanje u jedanaest načela koja su[45]:

- 1) smanjiti udio aktivnosti koje ne dodaju vrijednosti (otpad);
- 2) povećanje izlazne vrijednosti sustavnim razmatranjem zahtjeva kupaca;
- 3) smanjiti varijabilnost;
- 4) smanjiti vrijeme ciklusa;
- 5) Pojednostavite smanjivanjem broja koraka, dijelova i veza;
- 6) povećati izlaznu fleksibilnost;
- 7) povećati transparentnost procesa;
- 8) Kontrola fokusiranja na cjelovitom postupku;
- 9) izgraditi kontinuirano poboljšanje u procesu;
- 10) poboljšanje protoka ravnoteže s poboljšanjem pretvorbe;
- 11) mjerilo.

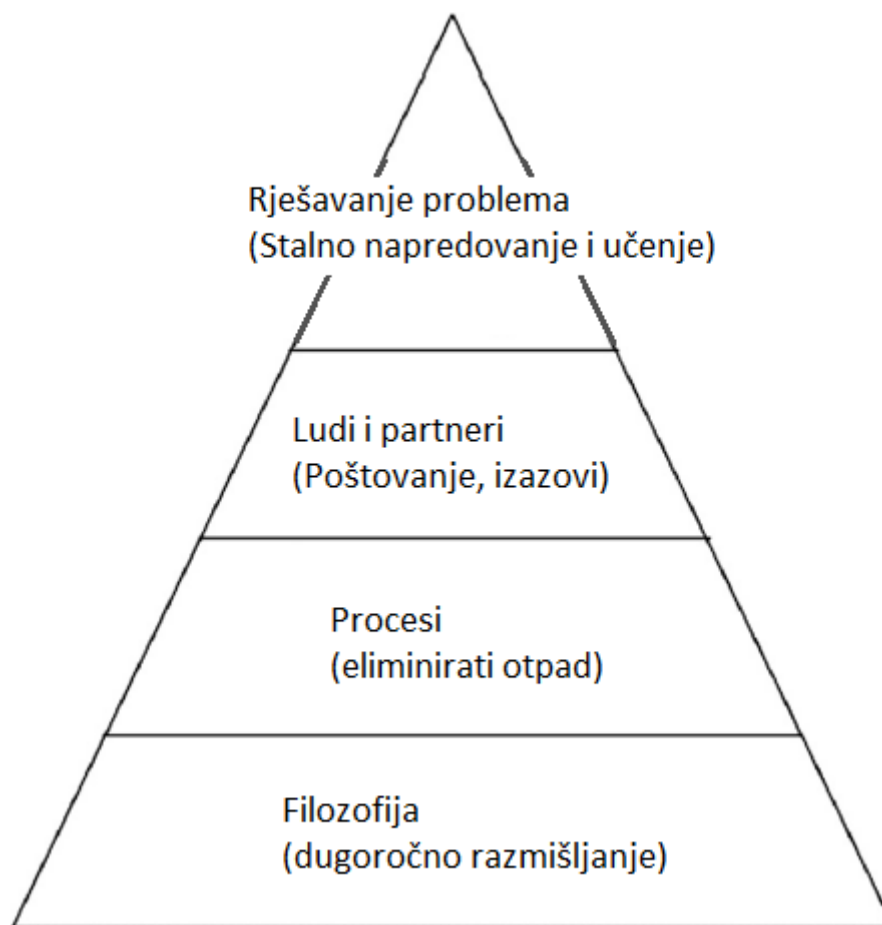
Postoji četrnaest načela organiziranih u četiri kategorije:

- 1) filozofija;
- 2) postupak;
- 3) Ljudi i partneri;
- 4) rješavanje problema, kao što je prikazano na slici 5.

Četrnaest načela upravljanja lean načina su:

- 1) temeljne odluke o dugoročnoj filozofiji čak i na štetu kratkoročnih financijskih ciljeva (filozofija);
- 2) Stvaranje kontinuiranog procesnog toka kako bi se problemi izvukli na površinu (proces);
- 3) Koristiti sustave "Pull" kako bi se izbjegla prekomjerna proizvodnja (proces);

- 4) Razine radnog opterećenja (proces);
- 5) izgraditi kulturu zaustavljanja kako bi riješili probleme kako bi dobili kvalitetu odmah po prvi put (proces);
- 6) Standardizirani zadaci su temelj za kontinuirano poboljšanje i osnaživanje zaposlenika (proces);
- 7) koristiti vizualnu kontrolu tako da nema problema (proces);
- 8) Koristiti samo pouzdanu, temeljito testiranu tehnologiju koja služi ljudima i procesima (proces);
- 9) Razvijati vođe koji temeljito razumiju posao, žive filozofiju i podučavaju ga drugima (ljudi i partneri);
- 10) Razviti izuzetne ljude i timove koji prate filozofiju vaše tvrtke (ljudi i partneri);
- 11) Poštujte svoju proširenu mrežu partnera i dobavljača izazivanjem i pomaganjem u poboljšanju (ljudi i partneri);
- 12) Idite i uvjerite se da temeljito razumijete situaciju (rješavanje problema);
- 13) Polagano donosite odluke konsenzusom, temeljito razmotrite sve mogućnosti; Brzo implementirati (rješavanje problema);
- 14) postati organizacija za učenje kroz neumoljivu refleksiju i kontinuirano poboljšanje (rješavanje problema) [2].



Slika 15. “4 P” Lean puta (engl. *Philosophy, Process, People&Partner, Problem solving*) [46]

8.6. Lean tehnike gradnje

Lean konstrukcija je način dizajniranja proizvodnih sustava kako bi se smanjila količina otpada materijala, vremena i truda kako bi se stvorila maksimalna moguća vrijednost. Lean u građevinarstvu (*Lean Construction*) koristi iste principe kao i Lean proizvodnja za smanjenje gubitaka i povećanje produktivnosti i učinkovitosti kod izvođenja građevinskih radova. Najvažnije odrednice konstrukcije trebale bi biti pouzdanost tijeka rada i protok rada, ali Lean koncept promijenila je tradicionalni pogled na projekt kao transformaciju i obuhvaća koncept stvaranja protoka i vrijednosti. Slično tome, ona dijeli iste ciljeve Lean proizvodnje, npr. smanjenje vremena ciklusa, uklanjanje otpada i smanjenje varijabilnosti. Kontinuirano poboljšanje, povlačenje kontrole proizvodnje i kontinuirani tijek su bili smjer za implementaciju Lean koncept. Lean konstrukcija sastoji se od sljedećih tehnika:

1) **sistemska inženjerstvo:** sistemsko inženjerstvo može se opisati kao paralelno izvršavanje različitih zadataka od strane multidisciplinarnih timova s ciljem dobivanja najpovoljnijih proizvoda koji se odnose na funkcionalnost, kvalitetu i produktivnost. Mnoga poboljšanja mogu se postići istovremenim inženjeringom. Zakazivanje se može vratiti analizom mreže (CPM i PERT). Mnoge druge mogućnosti mogu se postići kroz preklapanje aktivnosti, cijepanje aktivnosti i smanjenje vremena prijenosa između različitih aktivnosti.

Važni parametri planiranja raspoređivanja istodobnih aktivnosti su vrijeme, količina i rizik. Istodobno se inženjerstvo usredotočuje na napore tima; Komunikacija i razmjena informacija ključni su za otkrivanje novih ideja. Dok partnerstvo s podizvođačima i dobavljačima može biti i dobre promjene u vezi s istodobnim inženjeringom, uspjeh slabe proizvodnje ovisi o uključenosti svih sudionika u ranim fazama dizajna;

2) **Posljednji planer:** Posljednji planer je osoba ili skupina ljudi odgovornih za kontrolu proizvodne jedinice, što znači završetak pojedinačnih zadataka na operativnoj razini. Zadnji planer zahtijeva kontrolu protoka rada, utvrđivanje struje opskrbe, projektiranja i instalacije u proizvodnim jedinicama. To se može postići jedino korištenjem rasporeda budućnosti koji određuje napredovanje i brzinu rada. Izvršava glavni raspored u mnogim paketima, navodeći tehnike provjeravanja sposobnosti, izvršenje i utvrđuje zalihe stajanja po radu. Opseg rasporeda gledanja u rasponu od 2 do 6 tjedana trebao bi biti postavljen po timskom radu;

3) **Dnevni sastanak druženja:** Dnevni sastanci za druženje omogućuju članovima tima da dijele svoje stavove i dijele ono što je postignuto, a istodobno i probleme s kojima se susreću tijekom proizvodnog procesa;

4) **Kanbanov sustav:** Strategija tvrtke Kanban utemeljena je na ključnim komponentama, tj. tržišnim mjestima, dobavljačima, skupljanju vozila, satelitskim trgovinama i sustavom upravljanja zalihama. Tržišna mjesta su skladište web-mjesta koje alociraju različite materijale i male alate radnicima. Slično tome, satelitske trgovine nalaze se na licu mjesta, gdje se dobivaju proizvodi s tržišnih mjesta. Vozilo za skupljanje prikuplja materijale od željenih dobavljača do operativnog mjesta. Kanban koristi plastične kutije kao signal za izvlačenje materijala od dobavljača do stranice, koristeći koncept Just In Time. Zahtjevi za obrasce obično se koriste kao kanbani signali između tržišta i satelitske trgovine. Sustav kanbana počinje normalno s otvorenim vratima, tako da stranica može povući materijale od dobavljača do određenog perimetra. Nakon toga, materijal tražen od dobavljača stiže na

tržište, a proizvodi se kasnije brišu iz prodavaonica, koji se obično upravljaju točkama rekordera;

5) Uvjeti planiranja i radno okruženje u građevinarstvu (PCMAT): Svrha je uvođenja plana zdravlja i sigurnosti u provedbu projekta, nazvanog " Plan stanja i radnog okruženja ". Ove sigurnosne aktivnosti mogu generirati ograničenja za zakazane zadatke i zato se treba prihvatiti kao dio zadataka. Sve sigurnosne prakse stoga su usko povezane u kratkoročnom planiranju, koje se mogu analizirati putem dnevnih povratnih informacija od posade i kooperanata;

6) Alati za upravljanje kvalitetom: Fuzija alata za upravljanje kvalitetom u lean konstrukciji temelji se na promjeni od kvalitete usklađenosti na kvalitetu na izvoru. Uobičajeno se koristi sustav bodovanja za procjenu izvršenja planiranih kontrola, što će pomoći radnicima da slijede planirane kontrole umjesto na ispravke kvalitete; i

7) vizualna inspekcija: vizualni pregled ukazuje na neujednačenost konstrukcije i dovodi do primjene vizualnih alata za protok materijala, rada i informacija, itd. Identifikacija materijala može ubrzati repetitivne procese i smanjuje rizik odabira pogrešnog proizvoda. Napredni grafikoni i rasporedi mogu implementirati predanost završetku zadataka. Informacija i tehnologija također mogu poboljšati komunikaciju između donositelja odluka i izvršitelja, te mogu ubrzati proces.

Lean Construction Institute opisao je kako se treba upravljati aktualnim projektima i definira upravljanje projektima kako slijedi:

- 1) odrediti zahtjeve i dizajn klijenata kako bi se zadovoljili;
- 2) uskladiti dizajn s kvalitetom, rasporedom i ograničenjima proračuna;
- 3) Upravljajte projektom razbijajući ga u komade, procjenjujući trajanje i zahtjeve resursa za svaki komad, a zatim staviti komade u logičan redoslijed pomoću *Critical Path Method* (CPM);
- 4) Dodjeljivanje ili ugovor za svaki komad, obavijestiti početak i pratiti svaki komad kako bi se osiguralo da udovoljava standardima sigurnosti, kvalitete, rasporeda i troška. Poduzeti mjere za negativnu razliku od standarda;
- 5) Koordinirati korištenjem glavnog rasporeda i tjednih sastanaka;
- 6) Trošak se može smanjiti poboljšanjem produktivnosti;
- 7) Trajanje može biti smanjeno brzanjem svakog dijela ili promjenom logike; i
- 8) kvaliteta i sigurnost poboljšati se s inspekcijom i provedbom [2].

8.7. Kanali za aplikaciju Lean koncepta

8.7.1. Lean sustav isporuke projekta (LPDS)

Lean sustav isporuke projekta (*Lean Project Delivery System* – LPDS) je skup međusobno ovisnih funkcija, pravila odlučivanja, postupaka izvršavanja funkcija i kroz pomoćne instrumente i alate za implementaciju, uključujući i softver kada je prikladno, te je konceptualni okvir kojeg je razvio Ballard kako bi vodio provedbu od lean konstrukcija na projektnim proizvodnim sustavima. LPDS je prikazan kao model s pet glavnih faza, gdje svaka faza sastoji se od tri modula. Međuzavisnost između faza predstavljena je dijeljenjem jednog modula između dviju sljedećih faza. Pokazalo se da se kontrola proizvodnje i

strukturiranje Lean radova protežu kroz pet glavnih faza. Učenje je uvedeno kako bi se naglasila potreba dokumentiranja naučenih lekcija iz jednog angažmana u drugi. Model LPDS-a sastoji se od 15 modula, od kojih je 11 organizirano u 4 međusobno povezane trijade koje se protežu od definicije projekta do projektiranja do opskrbe i montaže, plus 2 modula kontrole proizvodnje i modula strukturiranja radnog mjesta, oba zamišljena da se prošire kroz sve faze projekta, Modul koji povezuje kraj jedne faze projekta do početka sljedećeg:

1) Definicija projekta:

A) Određivanje potreba i vrijednosti;

B) Kriteriji dizajna;

C) konceptualni dizajn;

2) Lean Design:

A) konceptualni dizajn;

B) Izrada procesa;

C) Dizajn proizvoda;

3) Smanjena ponuda:

A) Dizajn proizvoda;

B) Detaljno inženjerstvo;

C) Proizvodnja / logistika;

4) lean sklop:

A) Proizvodnja / logistika;

B) Instalacija mjesta;

C) ispitivanje / promet;

5) Kontrola proizvodnje:

A) Kontrola radnog tijeka;

B) Kontrola proizvodne jedinice. Strukturiranje radne aktivnosti i procjena do sada su samo pojedinačni moduli.

Osnovne značajke LPDS-a su kako slijedi:

1) Struktura i upravljanje projektom usmjereni su na stvaranje vrijednosti;

2) Ekipne funkcionalne ekipe, uključene u planiranje i dizajn prednjeg dijela, uključuju članove iz svih područja proizvodnog procesa;

3) Kontrola projekta bila bi alat koji se provodi tijekom cijelog projekta, za razliku od oslanjanja na utvrđivanje varijance činjenice;

4) Napori za optimizaciju usmjereni su na stvaranje pouzdanog tijeka rada i na usmjeravanje na poboljšanje produktivnosti;

5) Tehnike povlačenja koriste se za reguliranje protoka materijala i informacija;

6) Buferi kapaciteta i inventara koriste se za apsorpciju varijabilnosti u proizvodnom procesu;

7) petlje povratne veze ugrađene na svakoj razini, usmjerene su na brzu prilagodbu sustava i učenje;

8) Strukturiranje cjelokupnog procesa povećava vrijednost i smanjuje količinu otpada na razini isporuke projekta. Napori za poboljšanje performansi na razini planiranja povećavaju performanse na razini projekta [2].

8.7.2. Last Planner System (LPS)

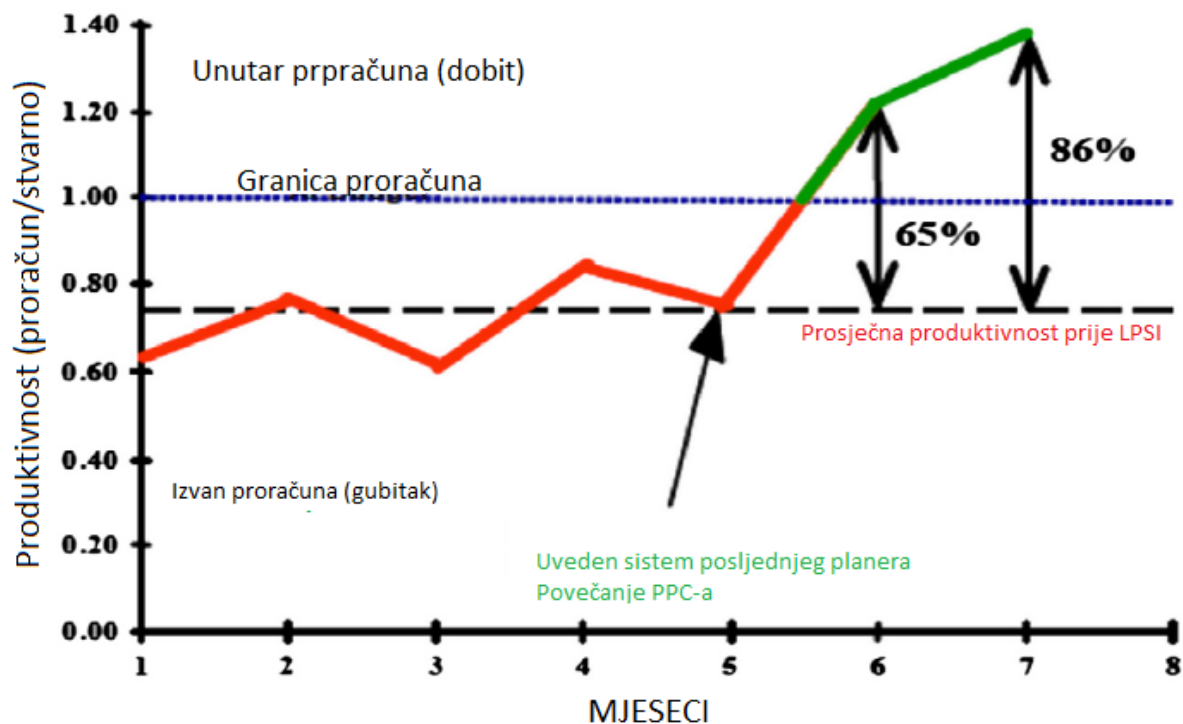
Jedan od najučinkovitijih načina za povećanje učinkovitosti građevinske industrije je poboljšanje procesa planiranja i kontrole. U Lean građevinarstvu planiranje i kontrola se smatraju komplementarnim i dinamičnim procesima koji se održavaju tijekom projekta. Planiranje definira kriterije i stvara strategije potrebne za postizanje ciljeva projekta, kontrola osigurava da će se svaki događaj dogoditi nakon planiranog slijeda. Ponovno planiranje mora biti učinjeno kada prethodno ustanovljene sekvence više nisu primjenjive ili prikladne. Povratne informacije olakšavaju učenje kada se događaji ne pojavljuju kako je planirano. Jedna od najpoznatijih Leanovih tehnika je zadnji planerski sustav koji je pokazao da je vrlo koristan alat za upravljanje procesom građenja i kontinuirano praćenje učinkovitosti planiranja, kako bi pomogao u razvoju predviđanja, izgladivanju varijacija tijekom rada i smanjenju / uklanjanju neizvjesnosti koje ometaju građevinske procese. Sastoji se od kontrole rada i upravljanja proizvodnom jedinicom. Kontrola upravljanja radom ostvaruje se prvenstveno kroz proces gledanja naprijed, dok se kontrola proizvodne jedinice ostvaruje prvenstveno kroz tjedno planiranje rada. Mossman je definirao zadnji sustav planera kao sustav za zajedničko upravljanje mrežom odnosa i razgovora potrebnih za koordinaciju programa, planiranje proizvodnje i isporuku projekata, poticanjem razgovora između predradnika i upravljanja resursima na odgovarajućim razinama pojedinosti prije nego što izdanje postane kritično. Sustav zadnjeg planera usmjeren je na usmjeravanje kontrole od radnika do tijeka rada koji ih povezuje. Dva glavna cilja LPS-a su da se kroz kontinuirano učenje i korektivne akcije bolje upućuju direktni radnici i da se rad prenese proizvodnim jedinicama u najboljem mogućem redoslijedu i stopi. Posljednje integrirane komponente planera su: glavni plan, fazno planiranje, planiranje unaprijed, tjedno planiranje rada, postotak obećanja dovršenih na vrijeme ili postotak planiranog završetka "PPC" (*Percent of Planned Completed*) ključ mjerenja uspjeha posljednjeg planerskog sustava) i razlozi nepotpunosti, kada se sustavno provode mogu donijeti mnoge prednosti i dodati značajne prednosti u praksi upravljanja gradnjom općenito i posebno planerske prakse. PPC ne mjeri produktivnost ili proizvodnju, već samo učinkovitost planiranja. No, naravno, vrijednosti PPC-a neizravno se odnose na proizvodnju i produktivnost, pretpostavlja se da kada projektni tim poboljša svoje planiranje, smanjuje se varijabilnost i time može postati produktivniji tako što će se usklađivati proizvodni resursi s potražnjom za njima, Čime se smanjuje otpad. Kada se provede tjedni plan rada, napravljena je analiza izvješća iz prethodnog tjedna, a PPC se izračunava dijeljenjem količine djela koja je učinkovito dovršena ukupnom količinom planiranih radova. Napomena: objašnjavajući razloge opravdava bilo koji posao koji je bio planiran, ali nije završen. Kada se izračunava PPC, izvršeno je ponovno programiranje usluga, što ukazuje na usluge koje su već izvršene i one koje su planirane, ali nisu izvršene. Neposredni rezultat ponovnog programiranja je izračun novog datuma završetka gradnje. Tvrtke koje koriste LPS su uspjele održavati projekt na vrijeme i unutar proračuna, kao i da imaju bez stresa proces planiranja proizvodnje i kontrole. Slika 16. prikazuje rezultate implementacije LPS-a na projekt izgradnje, što jasno odražava pozitivan utjecaj sustava na proračun i produktivnost. Fernandez i sur. (3) smanjeni trošak, (4) smanjeno vrijeme isporuke projekta, (5) poboljšana produktivnost i (6) veća suradnja s terenskim osobljem i

kooperantima. Projekti testnih slučajeva također su izvijestili o određenim izazovima s kojima se sudionici projekta suočavaju pri primjeni LPS-a:

- 1) nedostatak vodstva,
- 2) organizacijske inercije,
- 3) otpornost na promjene,
- 4) nedostatak obuke,
- 5) ugovorna pitanja
- 6) nedostatak iskustva i znanja, među ostalima.

Sustav zadnjeg planera (Last Planer System-LPS) ima četiri glavna elementa:

- 1) Radionica za programiranje: Suradnja stvaranja i prihvaćanja slijeda proizvodnje (i komprimiranje ako je potrebno);
- 2) Make-Ready: Izvršavanje zadataka tako da se mogu učiniti kada ih želimo učiniti;
- 3) Planiranje proizvodnje: Suradnja s proizvodnim zadacima za sljedeći dan ili tjedan; I
- 4) trajna poboljšanja: upoznavanje i poboljšanje projekta, planiranja i proizvodnih procesa [2].



Slika 16. Poboljšanje produktivnosti primjenom LPS-a [47]

Sustav zadnjeg planera temelji se na tradicionalnom sustavu planiranja; Stanje (MORA-MOŽE-BITI ĆE-BILO JE) provodi se. Pouzdan zadatak, koji se obavlja u željeno vrijeme, određuje što će biti učinjeno, nakon razmatranja i onoga što bi trebalo od viših razina rasporediti i što se može učiniti na temelju situacije u ruci. Dijelovi će se vjerojatno obaviti kada su dobro definirani, zvuk resursa, u pravom slijedu i unutar sposobnosti posade. Posljednji zadatak planera je da zadatak zadovolji te kriterije i odbaciti zadatke koji to ne čine. Posljednji planeri mogu se razumno obvezati na ispunjavanje zadataka na tjednim planovima rada koji udovoljavaju tim kriterijima. Kako bi bili učinkoviti, sustavi upravljanja

proizvodnjom moraju reći što treba učiniti, što se može učiniti i što će biti učinjeno; zatim, oni uspoređuju ono što je učinjeno radi poboljšanja planiranja. Pojam nadamo se (SHO), vjerojatno (CAN), apsolutno (WILL). Slika 17. prikazuje moguće odnose između SHOULD, CAN i WILL. Dijagram (A) na slici 17. predstavlja scenarij s najvećom vjerojatnosti završetka zadatka, a dijagram (B) pokazuje sigurnost neuspjeha. Zadaci u dijagramu (A) dobro su definirani, sigurni, u pravom slijedu. Dakle, zadatak je vjerojatno da će se obaviti u željeno vrijeme. Nasuprot tome, zadatci na dijagramu (B) nisu planirani i imaju veliku varijabilnost za kontrolu. Dakle, vjerojatnost završetka zadatka se smanjuje. Sustav zadnjeg planera ima četiri razine:

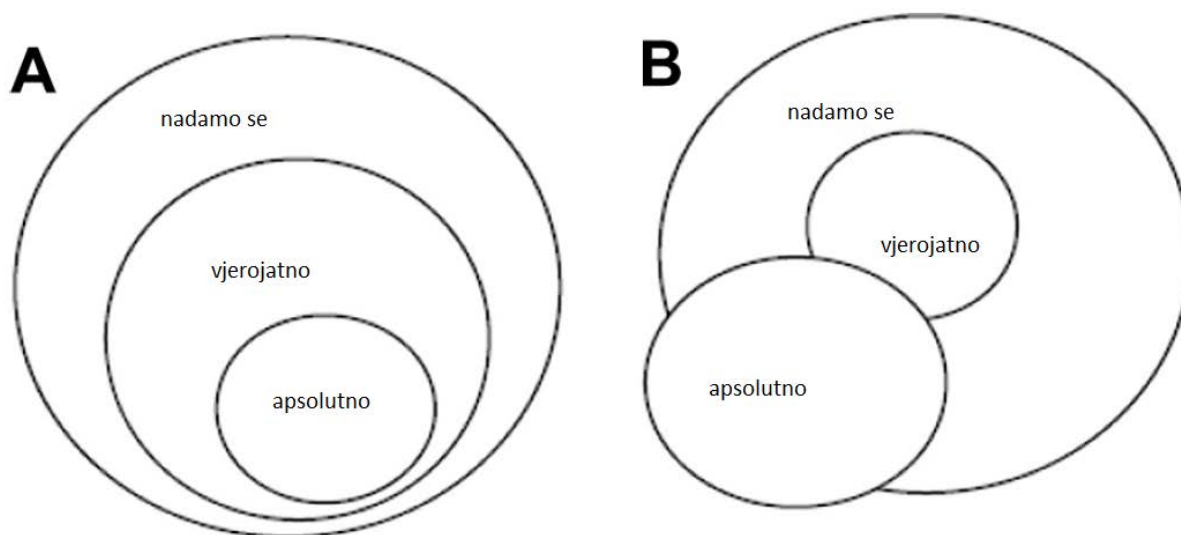
- 1) Glavni raspored: postavljanje prekretnica i identifikaciju strategije dugih predmeta;
- 2) Raspored faza: planiranje plovila (specificira vraćanje, identificira operativne sukobe);
- 3) plan za budućnost: pripremanje planiranog rada (kako bi se osiguralo da je rad spreman za instalaciju, ponovno planiranje po potrebi); i
- 4) Tjedni plan rada (WWP): obveze za obavljanje posla na određeni način i određeni slijed, i učenje (mjerenje postotka planiranog završenog PPC-a), duboko zaroniti u razloge neuspjeha, razvijanje i provođenje naučenih lekcija.

Wambeke i sur. predstavili su kvantitativne podatke koji pokazuju kako korištenje LPS metode smanjuje i / ili uklanja varijaciju mehaničkog izvođača koji sudjeluje u građevinskom projektu. Također su koristili matricu procjene rizika kao novo i učinkovito sredstvo za određivanje prioriteta koji uzrokuju varijacije trebaju biti usmjereni prvenstveno za smanjenje. Kim i Ballard istražili su teorije predstavljene u dva prevladavajuća sustava kontrole projekta:

- 1) Metoda zarađene vrijednosti (EVM) i
- 2) Last Planer System (LPS).

Uveli su dvije temeljne i konkurentske koncepcije upravljanja:

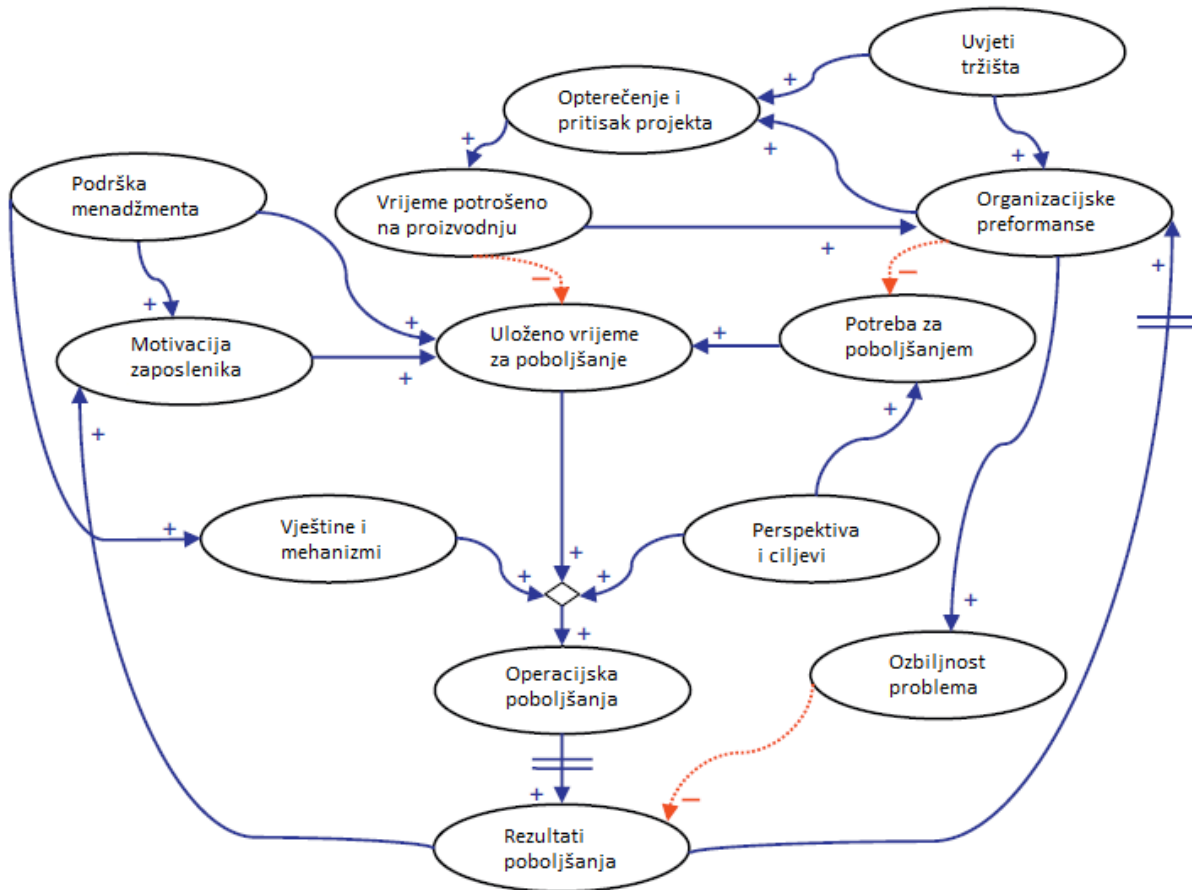
- 1) Upravljanje putem sredstava (MBM) i
- 2) Upravljanje po rezultatima (MBR). Utvrđeno je da se EVM temelji na MBR-u. Međutim, kontrola projekata temeljena na MBR smatra se neprikladnom za upravljanje na operativnoj razini gdje su zadaci vrlo međusobno ovisni. Utvrđeno je da se LPS temelji na MBM prikazu. Empirijski dokazi iz studije slučaja sugeriraju da je MBM prikladniji za upravljanje radovima kada se primjenjuje na razinu operacije gdje je svaki zadatak vrlo međuzavisan [2].

Slika 17. Dijagram *Sholud-Can-Will* [48]

8.8. Model procesa poboljšanja performansi

Slika 18 prikazuje ključne čimbenike koji određuju uspjeh procesa poboljšanja. Model je prikazan kao dijagram uzročne petlje i ilustrira interakcije između ključnih čimbenika. Strelica između faktora znači da faktor X utječe na faktor Y. Pozitivan znak ukazuje da ako se faktor X povećava, tada se faktor Y povećava. Negativni znak ukazuje da ako se faktor X poveća, tada se faktor Y smanjuje. Dvostruka crta pokazuje vremensko kašnjenje. Kada više od jedne strijele konvergira na dijamant, tada moraju biti prisutni svi uvjeti kako bi se nastali faktor pojavio i moraju svi biti prisutni za djelotvorne (operativne poboljšanja) da se dogode. Razvoj (Operativna poboljšanja) ovisi o tri ključna čimbenika:

- 1) Vrijeme provedeno na poboljšanju;
- 2) vještine i mehanizmi poboljšanja učinka; i
- 3) Perspektiva i ciljevi. Operativna poboljšanja su promjene koje provodi organizacija. Ta poboljšanja dovode do (poboljšanja rezultata), ali s vremenskim pomakom [2].



Slika 18. Model procesa poboljšanja performansi[2]

8.8.1. Vrijeme provedeno na poboljšanju

8.8.1.1. Vrijeme provedeno u proizvodnji

(Vrijeme provedeno na proizvodnji) smanjuje (Vrijeme provedeno na poboljšanju); (Radno opterećenje i pritisci na projekt) povećava (vrijeme provedeno na proizvodnji); (Tržišni uvjeti) povećavaju (radno opterećenje) zbog povećanog volumena rada i poteškoća zapošljavanja kvalificiranih ljudi na rastućem tržištu, projektno osoblje je šire (tanko) i ne može izdvojiti puno vremena za poboljšanje; i (Vrijeme provedeno na proizvodnji) povećava (Organizacijski učinak). Ovo ilustrira menadžersku dilemu između (današnje izvedbe) u odnosu na (buduće izvedbe) [2].

8.8.1.2.Podrška za upravljanje

(Podrška za upravljanje) povećava (Vrijeme provedeno na poboljšanju). Građevinska literatura razmatra podršku višeg menadžmenta koja je ključna za uspjeh napora za poboljšanje. (Upravljačka podrška) naznačuje sljedeće:

- A) osobno uključivanje u napore za poboljšanje;
- B) priznanje i nagrađivanje napora i uspjeha;
- C) zapošljavanje zaposlenika koji mogu pridonijeti poboljšanju;
- D) ocjenjivanje srednjeg menadžmenta (voditelji projekata i nadzornici) djelomično na temelju njihovih doprinosa naporima za poboljšanje; i
- E) pružanje sredstava za obuku i dovođenje vanjskih stručnjaka po potrebi.

Predanost menadžmenta također se odražava u pristupu uzimanju rizika i eksperimentiranju. (Podrška za upravljanje) povećava (Motivacija zaposlenika). Zaposlenici manje vjerojatno da će biti uključeni u napor za poboljšanje ako njihov nadzornik ne podržava njihovu uključenost. Mnogi nadzornici obeshrabruju svoje podređene da provedu vrijeme na poboljšanju jer usmjerava pažnju zaposlenika od stvarnog rada [2].

8.8.1.3.Motivacija zaposlenika

(Motivacija zaposlenika) povećava (Vrijeme provedeno na poboljšanju). U svakoj organizaciji koja ima obično mali postotak zaposlenika koji aktivno traže načine poboljšanja rada i pokretanja poboljšanja. Ovo su prvaci koji stavljaju puno osobnog vremena u poboljšanje. Druga grupa zaposlenika je spremna isprobati nove ideje, čak i ako ne ulažu nikakve posebne napore za pokretanje promjena. I konačno, postoji skupina koja nije zainteresirana za poboljšanje. (Poboljšanje rezultata) povećava (Motivacija zaposlenika) (a) ako su naponi i uspjesi priznati i nagrađeni; i (b) ako se pozitivni rezultati brzo pojave. Ako rezultati traju dosta vremena, motivacija sudionika se smanjuje. Međutim, mnogi složeni problemi proizvodnje mogu imati duže vremensko kašnjenje između početka napora za poboljšanje i rezultata (lako / brzo rješenje obično ima mali učinak i ne donose značajne promjene). Upravljanje i zaposlenici uključeni u proces poboljšanja moraju razumjeti ovo [2].

8.8.1.4.Percipirana potreba za poboljšanjem

(Percipirana potreba za poboljšanjem) povećava (Vrijeme provedeno na poboljšanju). (Percipirana potreba za poboljšanjem) je jaz između uspješnosti organizacije i ciljne izvedbe. Dakle, (Organizacijski učinak) smanjuje (percipirana potreba za poboljšanjem). Dobro (tržišni uvjeti) povećavaju (organizacijski učinak). Na dobrom tržištu (kada je volumen rada i dobit dobar) menadžeri doživljavaju manje potrebe za poboljšanjem čak i bez jednako dobre operativne izvedbe. Nadalje, na tržištu na kojem je potražnja visoka, projektni proračuni imaju veće neizvjesnosti, što smanjuje pritisak za visoku učinkovitost procesa. Konačno, (poboljšanje rezultata) povećava (performanse) čime se smanjuje (percipirana potreba za

poboljšanjem), jer smanjuju pritiske na performanse. (Potreba za poboljšanjem) izravno utječe na (perspektivu i ciljeve) procesa poboljšanja. Prvo, ciljevi poboljšanja stvaraju pritisak za poboljšanjem kada se razlika između ciljeva i performansi širi. Stoga, menadžeri mogu povećati (percipirana potreba za poboljšanjem) postavljanjem ciljeva visokih performansi. Jedan od primjera je usporedno mjerenje s tvrtkama (svjetske klase). Međutim, nije samo razina ciljeva, nego i vrsta ciljeva koji stvaraju potrebu za poboljšanjem. Još važnije, upravljačka perspektiva (i mentalni modeli) procesa izgradnje utječu na tumačenje korjenitih uzroka problema. Ovo pitanje se raspravlja kasnije u (Perspektiva i ciljevi) [2].

8.8.2. Vještine i mehanizmi poboljšanja učinkovitosti

8.8.2.1. Mehanizmi poboljšanja učinka

Mehanizmi za učenje mogu se grupirati u tri kategorije:

1) Učenje iz iskustva: Takvi mehanizmi uključuju promatranje i analizu postojećih procesa (ureda ili polja), nakon pregleda djelovanja i bilo koje metode za reviziju i evaluaciju organizacijskih aktivnosti. Poboljšanje radnih metoda razvilo je sustavne pristupe za analizu proizvodnih operacija;

2) Okupljanje inteligencija: Drugi način prepoznavanja mogućih poboljšanja je praćenje vanjskog okruženja. To obuhvaća istraživanje razvoja izvan tvrtke, praćenje novih dizajna, metoda i tehnologija koje se odvijaju izvan tvrtke;

3) učenje kroz eksperimentiranje: eksperimentiranje uključuje upotrebu novih nedokazanih metoda i tehnika. To bi mogle biti proizvodne tehnologije, metode upravljanja (npr. Posljednji planer), novi informacijski sustavi, sustavi poticaja itd. Dva su važna pitanja koja se odnose na eksperimentiranje:

A) mjeri u kojoj menadžment podupire uzimanje rizika (inače nema realnih rizika koji je poduzet); i

B) Kako možemo smanjiti / bolje kontrolirati rizik koji se odnosi na eksperimente u gradnji? (Npr., Možda će biti potrebno udružiti se s vlasnicima za provođenje eksperimenata). Korištenje mehanizama učenja povećava sposobnost organizacije da identificira probleme i poboljšanja. Međutim, sposobnost prepoznavanja učinkovitih promjena također jako ovisi o raspoloživim vještinama [2].

8.8.2.2. Vještine i poboljšanja performansi

Svaki proces poboljšanja performansi uključuje tri glavna koraka:

1) prikupljanje podataka, kada organizacija prikuplja mjerenja, zapažanja i podatke (kao što su statistički podaci o nedostacima, tržišnim podacima i podatke o produktivnosti);

2) Tumačenje podataka, kada organizacija analizira podatke kako bi razumjela što to znači i koji su uzročno-posljedični odnosi na poslu i koji su pravi uzroci promatranih podataka;

3) Primjena informacija, kada organizacija razvija i provodi inicijative poboljšanja.

Kako bi učinkovito izvršili ove korake, organizacija treba vještine u stjecanju relevantnih i smislenih informacija, kao i vještina za analizu informacija i stvaranje učinkovitih promjena. Analiza procesnih vještina i analiza uzroka su neophodni kako bi se otkrili ključni čimbenici koji utječu na performanse i razviju učinkovite intervencije. Bez takvih vještina, rješenja imaju tendenciju rješavanja simptoma u blizini problema, a ne uzroka. Podrška za menadžment ključna je za razvoj vještine i mehanizma unaprjeđenja jer pružaju sredstva za razvoj vještina poboljšanja putem internog treninga ili vanjskih stručnjaka, te forume za prikupljanje informacija nakon procjene akcija i analize procesa. Izravno ovisi o mjeri u kojoj menadžment podupire uzimanje rizika [2].

8.8.3. Perspektiva i ciljevi poboljšanja

Pojam (perspektiva) odnosi se na to je li proces poboljšanja usmjeren na rezultat ili usmjeren na proces. Ključni čimbenici uspjeha primjer su pristupa usmjerenog na rezultate. Ključni faktori uspjeha su ona područja rezultata (kao što su raspored, sigurnost, procjena, kvaliteta, troškovi i upravljanje promjenama) koji izravno utječu na izvedbu organizacije. TQM i Lean Construction su (usmjereni na proces). Različiti fokus procesa poboljšanja ima važne implikacije za smjer napora za poboljšanje jer dovodi do sljedećih razlika [2].

8.8.3.1. Različiti ciljevi

Različiti ciljevi u vezi s tim što timovi poboljšanja pokušavaju ostvariti. Ciljevi temeljeni na rezultatima obično su usmjereni prema očekivanjima korisnika. Na primjer, cilj poboljšanja rasporeda u pristupu usredotočen na rezultate izražava se kao (Ispunite sve projekte u ili ispred obećanog rasporeda) u odnosu na (Smanjite vrijeme ciklusa procesa X) iz perspektive usmjerene na proces. Kvalitetni cilj može biti (popis Zero Punch u vrijeme završetka) (rezultat usmjeren) u odnosu na (Eliminirajte nedostatke i ponovni postupak) (Procesirano). Potrebni su ciljevi usmjereni na rezultate i ciljevi usmjereni na proces, ali na različitim organizacijskim razinama. Na strateškoj razini, menadžment treba postaviti ciljeve strateškog poboljšanja usmjerene na rezultat na područjima koja su ključna za konkurentnost (kao što su raspored i smanjenje troškova te sigurnost i poboljšanje kvalitete). No, kako bi se ispunili ciljevi strateškog poboljšanja, naponi za poboljšanje trebaju se usredotočiti na proizvodne procese. Tradicionalni sustavi upravljanja ne usredotočuju se na proizvodne procese, ali su orijentirani ka rezultatu. Međutim, stav o rezultatima naglašava rješavanje problema i borbu protiv požara, a ne sprečavanje problema, planiranje i učenje. Ključna je točka da ciljevi usmjereni na rezultate naglašavaju rezultate s ili bez poboljšanja procesa. Takvi ciljevi imaju ograničen učinak na (Percepirana potreba za poboljšanjem) kada su rezultati zadovoljavajući. S druge strane, ciljevi usmjereni na proces nastavljaju poboljšavati proces čak i ako su rezultati projekta zadovoljavajući. Predloženo je da se menadžment mora usredotočiti na poboljšanje procesa i rezultate na drugom mjestu [2].

8.8.3.2. Različite perspektive

Različite perspektive glede temeljnih uzroka problema s performansama. Jednostavna istina je da kada se ne izričito usredotočuje na proces, smjer napora za poboljšanje određuje prevladavajući mentalni model sudionika. Prevladavajuća perspektiva (mentalni model) u građevinarstvu smatra projektnim radom zbirka (aktivnosti), a ne toka. Ljudi koji drže tu perspektivu vjeruju:

- 1) Izvori problema (izvan procesa) vlasnik mijenja ili dodaje opseg, dizajn je nepotpun, podugovaratelj su kasnili, nisu osigurali radnu snagu kada je to bilo potrebno itd.;
- 2) Problemi s performansama tipično se pripisuju pojedinačnim čimbenicima kao što su odgovornost, motivacija i vještine, a ne sistemski čimbenici (kako se rukovanje radom upravlja, koordinira itd.);
- 3) Isporuka projekta jednako je kao i skidanje odjeće. Postoji tisuću načina da to učinite, a sve to je prilično isto.

Pristupi usredotočeni na procese (poput TQM i lean production) naglašavaju i komponente procesa (aktivnosti, posade, itd.) i međusobne ovisnosti između komponenti kompleksnog sustava proizvodnje. Izvori problema su (unutar procesa) međuovisnost i varijacija, te poticaji, ponašanja i pravila rada koja ih stvaraju i šire. Slijedom toga, različite perspektive dovode do različitih smjerova napora za poboljšanje. Drugim riječima, definicija problema pokreće rješenja [2].

8.8.4. Operativna poboljšanja

Ovisno o (vrijeme provedeno na poboljšanju), (vještine i mehanizmi) i (perspektiva i ciljevi), iznos i vrsta operativnih poboljšanja variraju. Vjerojatnije je da će se programi usredotočeni na rezultate usredotočiti na odgovornost, vještine i motivaciju. Primijenjeni u općoj organizaciji izvođača, ovi programi dovode do veće naglašenosti ugovornih klauzula (dodjeljivanje odgovornosti), guranja radnika, osposobljavanja osoblja projekta u prepoznavanju nedostataka ili povećanja napora. Slično tome, kooperanti se mogu usredotočiti na vještine radnika i učinkovitu opremu. Ova perspektiva obično nema za cilj promjenu načina na koji se sam rad obavlja; Umjesto toga mijenja kontekst unutar kojeg se obavlja rad. Naprotiv, naponi usmjereni na procese naglašavaju međuzavisnost između procesnih sudionika, zahtjeva i samih procesa rada. To dovodi do vrlo različitih rješenja. Napori za poboljšanje na temelju rezultata mogu čak povećati (otpad) u tom procesu (npr. dodavanjem inspekcija i povećanjem praćenja nedostataka, a ne smanjivanjem otpada sprečavanjem grešaka). Konačno, različite perspektive također dovode do različitog sudjelovanja u procesu poboljšanja. Napori usmjereni na rezultate ne dovode do kontinuiranih funkcionalnih ili prekograničnih organizacija jer ne naglašavaju međuzavisnost između sudionika procesa. Međusobna organizacijska suradnja obično je ograničena na inicijative na razini projekta, ali ne postoji dugoročna suradnja između izvođača radova, dizajnera i vlasnika da kontinuirano unaprjeđuju radne procese [2].

8.8.5.Složenost problema

(Složenost problema) smanjuje (poboljšanje rezultata) uz pretpostavku da perspektiva i vještine ostaju isti. Problemi s kojima se nastoji poboljšati nastoje imati različite razine složenosti. Jednostavni problemi uključuju nekoliko organizacijskih jedinica / funkcije i imaju jednostavnu metodologiju. Primjer jednostavnog sustava je posada koja izvodi relativno jednostavan rad u uvjetima niske varijabilnosti, npr. slikanja. Tu je samo jedna organizacijska jedinica (slikarska ekipa) i operacija ima nekoliko koraka. Faktori koji utječu na izvedbu relativno su mali i lako se identificiraju (npr. vještine posade, alati i oprema itd.) Utjecaj takvih promjena je trenutačan. Složenost problema povećava se s povećanjem broja organizacijskih jedinica i njihovih interakcija, te povećanjem broja potrebnih koraka i njihove varijabilnosti. Na primjer, izgradnja temelja uključuje raspored, iskapanje, oblikovanje, postavljanje armature, zalijevanje betona, skidanje oplata. Ovo je relativno složena operacija koja uključuje nekoliko različitih organizacijskih jedinica i više koraka i interakcija. Poboljšanje izvedbe složenih operacija zahtijeva višestruke funkcionalne (ili čak i unakrsne) promjene u načinu na koji se rad organizira i upravlja (u pojmovima redoslijeda, međuovisnosti, tehnologija, poticaja, mehanizama kontrole itd.). Dakle, složeni problemi zahtijevaju procesno fokusiranje i organizacijske napore. Kao rezultat, s povećanjem složenosti problema, postaje sve teže postići rezultate poboljšanja [2].

8.8.6.Poboljšanje rezultata i povratne petlje

{Rezultati poboljšanja} povećavaju (performanse organizacije) iako s vremenskim pomakom (na primjer, rezultati treninga bit će promatrani u kasnijim fazama ili na slijedećim projektima). (Poboljšanja rezultata) također povećavaju (motiviranje zaposlenika), kao i podršku upravljanju, što dovodi do više vremena na poboljšanju. To stvara pozitivnu povratnu petlju. S druge strane, kada se organizacijske performanse povećavaju, radno opterećenje obično raste jer je organizacija uspješnija u dobivanju više posla. Osim toga, percipirana potreba za poboljšanjem također se smanjuje. Povećano radno opterećenje i smanjena potreba za poboljšanjem smanjuju vrijeme provedeno na poboljšanju. Stoga se stvara negativna petlja povratne veze koja (regulira) proces. (Organizacijski učinak) povećava (Složenost problema), odnosno, kako se organizacijska učinkovitost povećava, daljnja poboljšanja zahtijevaju rješenja složenijih problema. Učinkovita poboljšanja je teže identificirati i provesti, uz manje i sporije rezultate poboljšanja. Ovo stvara još jednu negativnu povratnu petlju. To znači da ako se poboljšanja temelje na osposobljavanju, motivaciji i dodanom opterećenju (kao što je dodatna inspekcija), organizacija će morati povećati svoje napore kako bi zadržala istu razinu izvedbe. Međutim, kada se poboljšanja ugrađuju u radne procese (umjesto ljudi ili inspekcija), oni se mogu održati uz manje napora [2].

8.9. Zaključci o istraživanju primjene Lean koncepta u građevinarstvu

Ovo istraživanje nastoji potvrditi sljedeće ciljeve:

- 1) odrediti provedbu lean ideala;
- 2) Utvrditi izvor otpada klasificiranih u lean građevinskoj industriji;
- 3) Ispitati opće percepcije građevinske industrije sa lean konstrukcijskim načelima prakse;
- 4) smanjenje studije i uklanjanje otpada koji su klasificirani u okviru razvoja sustava Last Planer kao tehnike izvedbe malih gradnji i procjene učinkovitosti provedbe posljednjeg planera radi povećanja pouzdanosti plana;
- 5) ispitati povezanost između lean konstrukcija i programa poboljšanja performansi u građevinskim organizacijama; I
- 6) analizirati karakteristike uspješnih programa poboljšanja performansi i razviti model koji identificira tri ključna elementa:
 - A) vrijeme provedeno na poboljšanju,
 - B) vještine i mehanizme poboljšanja,
 - C) perspektivu poboljšanja i ciljeve.

Autori prepoznaju različite načine strukturiranja programa poboljšanja: orijentirani rezultati (kao što su kritični čimbenici uspjeha) i usmjereni na proces (kao što je Lean Construction). U radu se raspravlja o implikacijama različitih perspektiva i tvrdi da oni dovode do različitih pristupa poboljšanja od kojih svaki odražava različite paradigme prirode promjene. Autori predlažu da programi poboljšanja usmjereni na rezultate mogu biti prepreka usvajanju Lean Construction. U radu se predlaže dinamičan model procesa poboljšanja performansi. Model je ispitivao čimbenike koji utječu na proces i njihove interakcije. U radu se predlaže:

- 1) usmjerenost napora za poboljšanje snažno utječe na strukturu i ciljeve; i
- 2) Programi usmjereni na rezultate imaju ograničenu sposobnost rješavanja složenih sustavnih problema.

Jedno pitanje za buduća istraživanja je ono što potiče izvođača da uspostavi rezultat? Čini se da su specijalizirani izvođači bolje upoznati s procesnom perspektivom zbog poznavanja studija za poboljšanje produktivnosti (što je procesna analiza relativno jednostavnog problema). S druge strane, glavni izvođači vjerojatno će naglasiti sveukupne rezultate projekta. Buduća istraživanja također trebaju:

- 1) razvijati i potvrditi kompletniji model poboljšanja performansi;
- 2) dalje ispitivati ponašanje procesa poboljšanja tijekom vremena;
- 3) koristiti model kao početnu točku za redizajn sustava dodavanjem petlji i prekidanja veza [2].

9.NOVI MODEL UPRAVLJANJA PRODUKTIVNOSTI

Zakašnjenja u zaključivanju građevinskih aktivnosti u Brazilu izazivale su veliku zabrinutost. Gubici od tih odgoda utječu i na vlasnike i izvođače radova. Vlasnici svjedoče o odgađanju očekivanog udjela rezultata i, prema tome, smanjenju stope privlačnosti poslovanja. Izvođači svjedoče o smanjenju dobiti koja utječe na financijsko zdravlje svoje tvrtke i, u ekstremnim slučajevima, uzrokuje pad tržišne vrijednosti. Kada kašnjenja postanu stvarnost i financijski gubici su neposredna posljedica, sukobi između vlasnika i poduzetnika mogu biti postavljeni na sudu. U tim ekstremnim slučajevima, tužbe se temelje na lošem upravljanju resursima na gradilištima. Zatim se postavlja pitanje: zašto se takav problem nije ispravno riješio u svom podrijetlu, tj. na gradilištu? [1].

Čini se da je odgovor na način na koji se izvršava upravljanje. Danas je upravljanje gradnjom udaljeno od proizvodnje. Dolaskom u podugovor (sustavno se prakticira više od 20 godina), građevinski nadzornici su postali "nadzornici ugovora". Više se ne fokusiraju na proizvodnju ili upravljanje proizvodnjom. Postali su voditelji rokova, krajnji rok "žongleri". U modelu ugovora za inženjerstvo, nabavu i gradnju (EPC), odgovornost za ispunjavanje rokova prenosi se na Izvođače. Vlasnici trebaju samo zahtijevati postizanje ciljeva roka. Međutim, kada se rokovi ne postignu, problem je znati kako nastaviti: uzeti reaktivnu ili proaktivnu poziciju. Budući da su kašnjenja sustavna, drugi problem je utvrditi njihov uzrok. Jedno uobičajeno opravdanje za odgode su "nedostatni resursi" - bilo u kvantitativnom, bilo kvalitativnom smislu, a drugi je loša kvalifikacija radne snage. Istina je da nestašica radne snage ima posljedice na produktivnost. U prošlom desetljeću bili su redovi radnika na vratima brazilskih gradilišta. Velika ponuda je omogućila selekciju, a odabrani su najkvalitetniji. Danas velika potražnja pogoduje situaciji u kojoj su zaposleni i dobri i loši kvalificirani radnici, a refleks na produktivnost je siguran. Ali nije jedini uzrok pogoršanja produktivnosti. Vrlo je lako i istodobno vrlo neodgovorno slijediti ovaj put. Jednostavno prihvaćajući da je količina resursa nedostatna - kad trenutna promatranja ("Analiza aktivnosti") pokazuju niske stope radne snage zauzete u izravnom radu - ne čini se da je i put ka ublažavanju zakašnjenja. Najveći brazilski vlasnik u smislu obujma građevine u razdoblju od 2007. do 2014. reagirao je na sustavna kašnjenja u izgradnji na različite načine. U jednom od tih pristupa, započetih 2007. godine, dokazano je da su kašnjenja građevinskih aktivnosti izravna posljedica neučinkovitosti u korištenju resursa. Od tog je trenutka zamišljen novi pristup za ublažavanje kašnjenja. U tom pogledu, vlasnik ne zahtijeva samo postizanje ciljeva roka, već i igra izravnu i proaktivnu ulogu u proizvodnji, što favorizira uspjeh s rokovima [1].

Rad autora L. O. Cocito de Araújo, M. C. Filho, C. Heloísa Telles ima iz Brazila ima za cilj predstaviti model upravljanja produktivnošću koji može pridonijeti ublažavanju jedne od glavnih šteta uzrokovanih gubitkom učinkovitosti radne snage: kašnjenja u građevinskim aktivnostima [1].

9.1. Pozadina istraživanja novog modela upravljanja produktivnosti u brazilskom građevinarstvu

9.1.1. Scenarij nepotpunih informacija u brazilskim građevinskim poduzećima

U zadnje vrijeme Brazilski vlasnici otkrili su velike napretke u upravljanju troškovima i rokovima i postupnu promjenu prema kulturi upravljanja znanjem. Međutim, valja razmotriti neke prepreke za učinkovito upravljanje znanjem[1]:

- I) nedostatnost baza podataka;
- II) nedostatak iskusnih stručnjaka za konsolidaciju baza podataka;
- III) nedostatak slobodnog vremena od nadzornika i predradnika za prikupljanje podataka;
- IV) ne postojanje foruma za diseminaciju dobrih praksi;
- V) nedostatak raspoloživog vremena za diseminaciju naučenih lekcija.

Analize vlasničkih sustava pokazuju da njihovo upravljanje znanjem još nije čvrsto. Jedan od aspekata koji se ističe je činjenica da je povratna informacija još uvijek ograničena (podaci se ne prenose prirodno). Postoje opća shvaćanja da bi supervizori mogli imati odlučniju ulogu u prikupljanju indeksa produktivnosti i, stoga, sudjelovati na odlučnijem način u konsolidaciji planiranja vlasnika.

Što se tiče sustava upravljanja ugovarateljima, nema dokaza da djeluje s potpunijim informacijama nego vlasnicima. Stoga je očekivanje dosljednijeg planiranja izvođača radova optimistično.

U stvari, postoje pritužbe između vlasnika i izvođača radova. Neki primjeri pritužbi koje često iznose vlasnici su[1]:

- 1) nepostojanje obveze s vlasničkim ciljevima;
- 2) mobilizacija upravljačkih timova s neadekvatnim sposobnostima i kompetencijama;
- 3) nepostojanje prethodne mobilizacije;
- 4) nedostatak snažnog planiranja prije početka građevinskih aktivnosti;
- 5) neadekvatna priprema planova temeljenih na troškovima;
- 6) nedosljedna analiza rizika (tj. neuzimanje rizika za planiranje pomoću množenja indeksa).

Kao što pokazuju gore navedeni dokazi, moguće je razumjeti zašto su u ovom brazilskom scenariju uobičajeni problemi s rokovima i troškovima. Nedostatak informacija stvara prostor za uspostavu zdravog razuma (i nekih mitova), kao što su[1]:

- 1) sigurnosni zahtjevi imaju veliki utjecaj;
- 2) zahtjevi vlasnika su vrlo kruti;
- 3) troškovi izvođača su vrlo visoki;
- 4) izvođači su nesposobni;
- 5) izvođači ne znaju planirati.

Zdrav razum odražava osobna iskustva; To ne predstavlja ukupnu brazilsku stvarnost. U praksi, to funkcionira kao "kognitivni prečac". Stoga, nije dovoljno da[1]:

- 1) utvrdim čimbenike koji utječu na produktivnost;
- 2) procijeniti neovisan i zajednički utjecaj čimbenika koji utječu na njih;
- 3) diskriminirati aktere odgovorne za čimbenike;
- 4) podržavati procese upravljanja kontinuiranog poboljšanja.

Prema tome, model upravljanja koji je u stanju osigurati scenarij potpune informacije, potaknut poboljšanjem produktivnosti, nužno je ako se uzme u obzir[1]:

- 1) obrađivanje informacija kao organizacijske imovine (izvor konkurentске prednosti)

2) suočavanje s gubitkom informacija kao gubitak financijskog resursa (odgovornosti).

Produktivnost je često povezana s nesposobnošću izvođača, iako je opće prihvaćeno da vlasnički radovi mogu utjecati na uspješnost izvođača. Iako su osjetljivi na te postupke, vlasnici nemaju pojma o veličini njihovog utjecaja na produktivnost.

Produktivnost je obično tretirana od strane vlasnika kao pitanje povećanja količine resursa. Ako je proizvodnja niska, glavna radnja koju treba poduzeti jest povećati količinu resursa. Takva akcija može stvoriti sukobe interesa između uključenih aktera, što dovodi do[1]:

- 1) ugovornog spora;
- 2) dodatni troškovi;
- 3) stres.

Postoji prirodna tendencija mjerenja vrijednosti informacija koliko dodatne dobiti donosi. Najširi i najispravniji koncept uzima u obzir trošak prilika - tj. koliko će koštati nedostatak informacija. U tom smislu, mjerenje vrijednosti informacija je proces koji je sličan onima koji su uključeni u osiguranje ili reklamiranje - koliko "ne posjeduje" troškove. U ovom širem pristupu informacija se tretira kao resurs koji posjeduje cijenu i vrijednost, stopu povrata, trošak prilika. Bez obzira na vrstu organizacije - privatni ili javni - administratori dolaze, oni donose svoje odluke o ulaganju usvajajući načelo ekonomske racionalnosti: da biste dobili najviše iz određene količine sredstava ili da se smanji taj iznos kako bi se postigao određeni rezultat. Za ovu analizu, prikladne i kvalitetne informacije ključne su za učinkovitu administrativnu izvedbu.

Važnost informacija za organizacije univerzalno je prihvaćena. Njegovo upravljanje i korištenje izravno su povezani sa željenim uspjehom. U mnogim organizacijama smatra se i koristi se kao strukturni čimbenik i alat za upravljanje. Stoga, učinkovito upravljanje organizacijom zahtijeva objektivnu i preciznu percepciju vrijednosti informacija i informacijskog sustava.

Stoga sadašnji autori prepoznaju[1]:

- 1) negativne implikacije trenutnih scenarija nepotpunih informacija u Brazilu, pogoršane tehničkim, upravljačkim i komercijalnim značajnim poteškoćama tijekom implementacije novih investicijskih portfolija;
- 2) postojanje teških scenarija za vlasnike, s obzirom na nepoznat skup čimbenika koji se lako mogu ocijeniti i suočiti;
- 3) vrijednost i moć informacija. Ovi autori vide model za upravljanje produktivnosti kao moćan alat za promicanje neprocjenjive povratne informacije u poduzećima.[1]

9.2. Kontekstualiziranje modela upravljanja produktivnošću

Pitanje je zašto je gubitak štete od rada (LOE) tako teško oporaviti. Autori [1] upućuju na poteškoće u opravdavanju gubitaka produktivnosti. On predstavlja i analizira dvije široke kategorije akcija povezanih s dokaznim opravdanjima koja se mogu poduzeti kako bi se poboljšale mogućnosti izvođenja radova za oporavak štete od LOE.

Gore navedeno ispitivanje dovelo je do razmišljanja o jednom prethodnom pitanju: zašto se gubitak učinkovitosti rada ne ublažava u njenom podrijetlu kako bi se spriječili sporovi na sudovima? Odgovor na takvo pitanje bio je vrlo jednostavan: zašto ne ?!

Zatim je počeo razvoj modela upravljanja produktivnošću. A to je moguće samo zato što se bavi gubicima produktivnosti na prikladnom mjestu i trenutku: na gradilištu, čim se očituje.

Namjeravani rezultat primjenom modela je ublažavanje zastoja u gradnji. Usvojena staza neophodno vodi do liječenja gubitka učinkovitosti rada ili gubitka produktivnosti, a ovdje je posebno važna obrada riječi. Model upravljanja produktivom ne nastoji prikupiti dokaze koji opravdavaju gubitke produktivnosti za buduću upotrebu tih informacija. Uspjeh modela je upravo ublažavanje gubitaka produktivnosti u trenutku nastanka.

Posebice za EPC ugovore, scenarij gubitka produktivnosti ne razlikuje se. Oni zahtijevaju opsežna znanja i stručnost i, racionalno, ne bi trebali zahtijevati od vlasnika detaljni nadzor resursa zaposlenih izvođačima. Međutim, sustavni kašnjenja učinili su vlasnicima da pregledaju svoje mjere nadzora.

Prva opažanja otkrivaju resurse neaktivnosti i simptomatska kašnjenja. Gubici produktivnosti obično opravdavaju opažanje na mjestu radne snage bez radne snage ili nizak stupanj zanimanja u izravnom radu, mjereno analizom aktivnosti.

Dakle, od promatranja primarnog opravdanja (besposlice) i značajnih dokaza (građevinske odgode) najveći vlasnik brazilske građevine, u ugovorima EPC, započeo je razvoj novog modela za gubljenje produktivnosti u partnerstvu s dva brazilska sveučilišta - UERJ i UFRJ. Ovaj je model nazvan Model upravljanja produktivnosti – GEPOP [1].

9.3. Model upravljanja produktivnosti- razmišljanja

Model upravljanja produktivnosti - GEPOP - razmatra ponovnu uspostavu važnih kanala informacija za uspjeh građevinskih projekata. Upravljanje produktivnošću se stoga temelji na prikupljanju, dostupnosti i korištenju informacija tijekom izgradnje.

Povećanje produktivnosti sve više ovisi o sposobnosti proizvodnih jedinica da dijagnosticiraju i suzbijaju svoju neučinkovitost u točnom trenutku. Brže se informacije i znanja generiraju, stavljaju na raspolaganje i prenose, što je veća prednost njihove uporabe. Proizvodne jedinice strateški podržane od strane modela upravljanja produktima počnu računati na scenarije potpune informacije, prekidajući neželjeni protok.

Postoji veliki napor kako bi se proizvela bolja informacija kako bi se podržala unutarnja donošenja odluka u proizvodnom okruženju. Model upravljanja produktivom donosi alate (Araujo i Sampaio 2012 [49]) koji mogu pružiti informacije s visokom razinom detalja (Araujo i dr. 2012 [50]) i specifično mjerenje produktivnosti, radne snage i drugih čimbenika povezanih s gubitkom produktivnosti.

Prednosti su organizirane kako slijedi[1]:

1. utvrditi, sustavno i samostalno, utjecaj glavnih aktera zainteresiranih za produktivnost;
2. procijeniti učinak djelovanja radova na produktivnost na kvantitativan i kvalitativan način;
3. kontekstualizirati pojavljivanja, percepcije i uobičajena osjetila u svjetlu podataka prikupljenih na gradilištima;
4. potkrijepiti ili odbiti pojavljivanja, percepcije i česte osjećaje;

5. poticati prikupljanje mjera produktivnosti u izgradnji i montaži vlasnika;
6. motivirati radnika za kontinuirano poboljšanje od glavnih sudionika;

Model upravljanja produktivnosti pretpostavlja[1]:

1. produktivnost je pod utjecajem svih uključenih sudionika, a poboljšanje produktivnosti zahtijeva koordinirane akcije, uključujući nužno vlasnike (klijenta i inženjering) i izvođače radova;
2. razine poštivanja i predanosti menadžera sudionika izravno su proporcionalne uspjehu u kritičkoj analizi otkrivenih gubitaka produktivnosti;
3. smanjenje nesigurnosti u pogledu rokova i troškova zahtijeva, zauzvrat, bolje upravljanje znanjem, povezano s nadležnim upravljanjem rizicima u kvalitativnom i kvantitativnom smislu;
4. provedba upravljanja proizvodnjom, koja se temelji na bazi podataka o produktivnosti, predstavlja značajan dio ovog napora;
5. provjeru valjanosti podataka koji će se unositi u bazu podataka mora obaviti ugledna i neovisna organizacija;
6. kvaliteta informacija (ocijenjena parametrima kao dosljednost podataka, istinitost i pouzdanost podataka) izravno je povezana s kvalitetom aktivnosti poboljšanja;
7. bitno je da se podaci o produktivnosti uvijek stavljaju na raspolaganje i omogućuju kontinuirano praćenje svega što se događa na gradilištu.

Kao rezultat toga, potencijalne prednosti implementacije modela upravljanja produktivnosti kao strukturiranog programa su[1]:

1. podrška procesima upravljanja troškovima;
2. podrška procesima upravljanja rokovima;
3. podržati upravljanje rizikom u gore navedenim procesima;
4. povećati ukupnu pouzdanost procesa planiranja;
5. ranu identifikaciju gubitaka produktivnosti;
6. ublažavanje utjecaja gubitaka produktivnosti;
7. povećati pouzdanost proračuna;
8. ublažiti izravne i neizravne utjecaje gubitaka produktivnosti, uključujući sporove u vezi s ugovorima;
9. podrška unutarnjim procesima kontinuiranog poboljšanja.

Usvajanje modela upravljanja produktivnosti nije jamstvo poboljšanja produktivnosti. Međutim, poboljšanje produktivnosti teško će se provesti bez takvog modela upravljanja.

Važno je uzeti u obzir da je svrha modela upravljanja produktivnošću omogućiti kontrolu produktivnosti. Kontrola produktivnosti bit će moguća iz analiza podataka dostupnih mjernim sustavima. Poboljšanje produktivnosti dogodit će se kroz koristan ciklus promican sustavnim korištenjem informacija nastalih u ovom procesu.

Mjerenje produktivnosti početni je korak modela upravljanja produktivnosti. Možda je činjenica da se samo taj korak smatra važnim objašnjava loš razvoj takvog tipa modela i, stoga, nedostatak kontrolnih mehanizama. Dovoljno je imati najbolji sustav mjerenja produktivnosti. Djelotvorna i sustavna kontrola produktivnosti jednako je važna[1].

9.4. Model upravljanja produktivnosti- primjena

Primjena modela upravljanja produktivnosti usmjerena je na poboljšanje produktivnosti u tekućim ugovorima o izgradnji. Zbog toga model omogućuje temeljitu analizu produktivnosti pomoću koncepta "stratifikacije produktivnosti" (Araujo i dr., 2012 [50]). Predstavljanje U.R. u "frakcijama" omogućava ispitivanje gubitaka produktivnosti, jer se njezini prekoračeni čimbenici otkrivaju, identificiraju i kvantificiraju odjednom.

U ovom trenutku potrebno je analizirati mjerne podatke o produktivnosti, duboko pogledati rezultate za različite kategorije, usporediti ih s rezultatima dobivenim na drugim mjestima, procijeniti dnevne mjerne podatke i glavne pojave i uzroke gubitaka produktivnosti. Taj korak treba poduzeti zajedno s vlasnicima i izvođačima. Potom bi se aktivnosti trebale definirati i provesti kako bi se povećala produktivnost gradnje i trebalo bi identificirati dobre prakse. To je trenutak za uključivanje svih sudionika koji rade na uspjehu projekta.

Model je primijenjen u tri projekta koji uključuju spajanje cijevi i zavarivanje cijevi. Oni ilustriraju poboljšanja i konkretne aktivnosti iza tih poboljšanja.

Prvi slučaj uspjeha sklopa cijevi povezan je s velikim projektom u Rafineriji u Rio de Janeiru. Za ovaj projekt, produktivnost gradnje ocijenjena je u tri različita razdoblja, a stopa povećanja bila je 64% u tri mjeseca i 22% dva mjeseca kasnije (Slika 19.). U prvom slučaju, vlasnik je dao veliki doprinos prilagodbom svojih sigurnosnih zahtjeva: poboljšanje uvjeta za mjerenje krvnog tlaka radnika, uz ispite svaka tri dana. Radnici su dobili pečat s istekom ispita. Dobit koju je dobavljač pružio temeljio se na nekim akcijama, kao što su[1]:

- 1) poboljšanje komunikacije (svi predstojnici imaju radio komunikatore, olakšavaju praćenje radnih područja);
- 2) bolju raspodjelu zadataka (raspodijeljenih prethodnog dana);
- 3) smanjenje broja radnika po predstojniku;
- 4) poboljšanje logistike gradilišta (teleskopske ljestve umjesto ljestve za mornare).

Drugi slučaj (slika 20.) povezan je s još jednim velikim projektom: izgradnjom petrokemijskih jedinica u Rio de Janeiru. U tom je slučaju u roku od dva mjeseca došlo do povećanja napona od 60%. Program produktivnosti pridonio je bržim rješenjima promicanjem usvajanja nekih glavnih aktivnosti[1]:

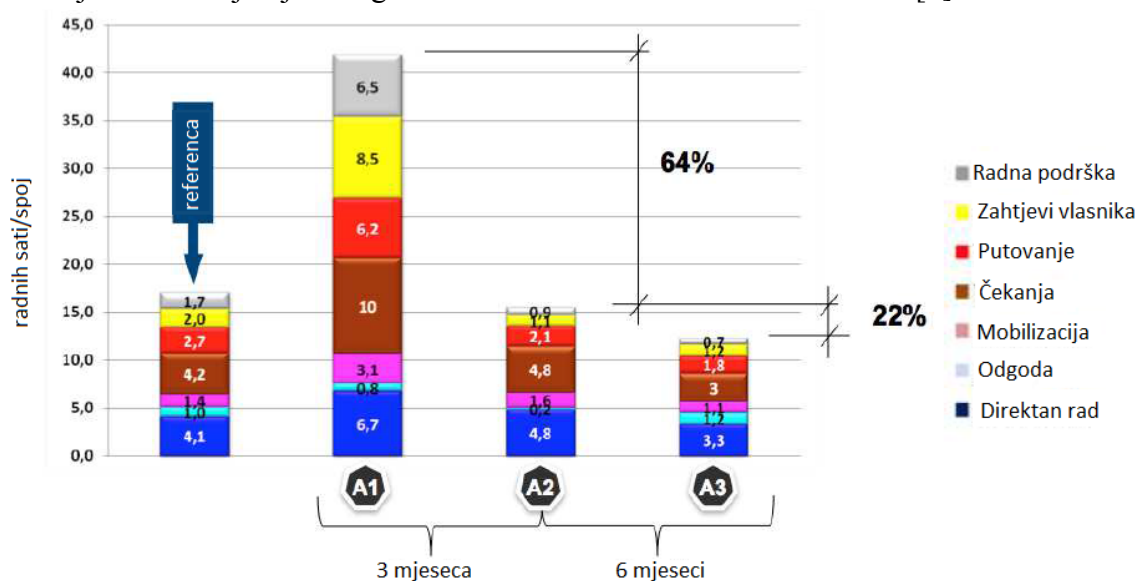
- 1) zamjene opreme zbog čestih neuspjeha;
- 2) zamjena dobavljača betona zbog čestih odgoda;
- 3) jačanje potpornih aktivnosti (buldožer bio posvećen poboljšanju uvjeta rada na terenu).[1]

Sustavno praćenje produktivnosti, što se vidi na slici 20., omogućuje usporedbu faza izgradnje u uzastopnim razdobljima. Ovo praćenje uzima u obzir izvedbu u uzastopnim razdobljima ili interno određene reference. Ova vrsta usporedbe promiče ACTING, što je pokretač za strukturiranje modela upravljanja. Dijagnoza nekog razdoblja predstavlja bodove za raspravljanje, traženje i liječenje. Dijagnoza sljedećeg razdoblja jasno pokazuje učinkovitost provedenih radnji. Ponavljanje ovog korisnog ciklusa očekuje se da promiče standardno ponašanje krivulje trendova produktivnosti: dolje. Ponašanje koje se razlikuje od toga mora biti istraženo, opravdano, liječeno i suzbijeno. Nikad se ne smije zanemariti.

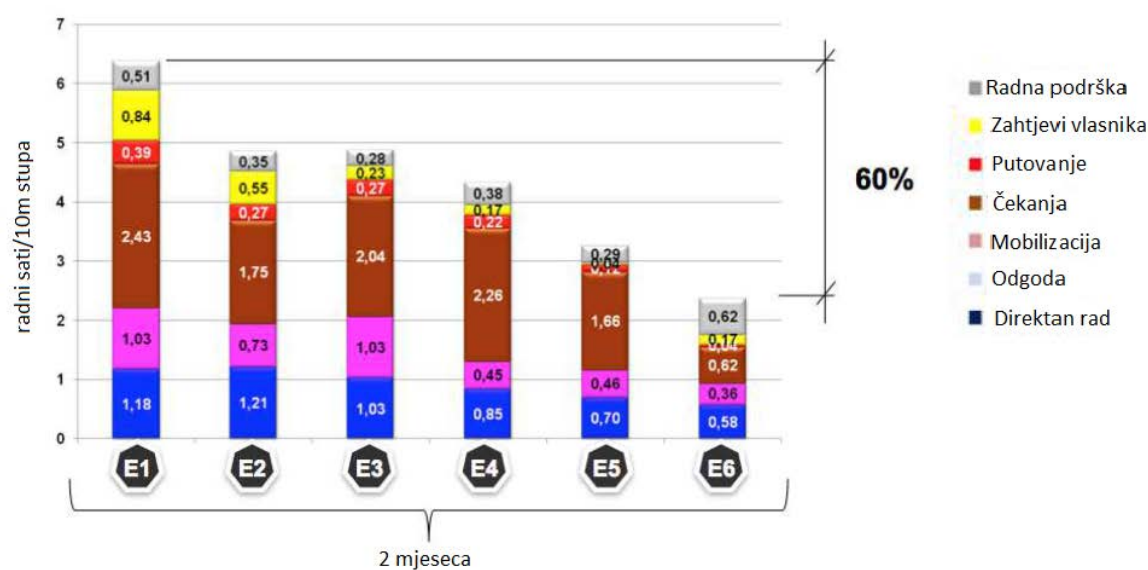
Treći slučaj uspjeha (slika 21), koji uključuje zavarivanje cijevi, odnosi se na Rafinerija Campinasa. To je povećanje od 63% u roku od četiri mjeseca. Glavne aktivnosti provedene u Campinasu bile su[1]:

- 1) integracija timova (timovi za planiranje, proizvodnju i kontrolu kvalitete);
- 2) poboljšanje tjednog rasporeda aktivnosti;
- 3) definiranje i praćenje tjednih ciljeva zavarivanja i pregleda zglobova;
- 4) smanjenje prerade;
- 5) provedbu tjednog sastanka produktivnosti menadžmenta (jedan sat) s timovima vlasnika i izvođača.

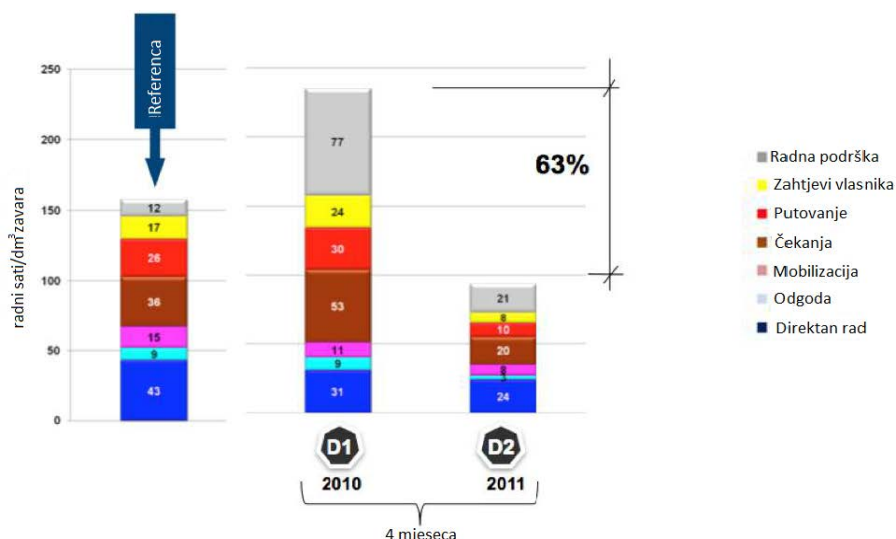
U sva tri slučaja poboljšana je produktivnost. A to je bilo moguće zbog dostupnosti informacija, što je nužno uključivalo sljedeće radnje: dobivanje, stavljanje na raspolaganje i korištenje informacija tijekom građevinskih aktivnosti na učinkovit način[1].



Slika 19. Slučaj 1 [1]



Slika 20. Slučaj 2 [1]



Slika 21. Slučaj 3 [1]

9.5. Zaključci istraživanja produktivnosti u Brazilu

Najveći građevinski vlasnik u Brazilu suočava se s kontrolom produktivnosti u ugovorima EPC-a kao ključnom mjerom ublažavanja kašnjenja u građevinarstvu. Model upravljanja produktivnosti bio je osmišljen kako bi podržao upravljanje rokovima u građevinskim radovima. Razmatra dostupnost informacija i proaktivnu upotrebu tih informacija tijekom građevinskih aktivnosti. Kad se procijene gubici produktivnosti, postaje lakše identificirati čimbenike koji ih uzrokuju.

Primjena ovog modela omogućuje kontrolu gubitaka produktivnosti. Iz odnosa između upravljanja rokovima i gubitaka produktivnosti koji su pokazali Araujo i dr. 2012 [50], moguće je navesti da je kontrola produktivnosti ključna za upravljanje rokovima.

Međutim, treba razmotriti neke poteškoće. Glavne teškoće otkrivene u ovom istraživanju bile su:[1]

- 1) nedostatak usporednih referenci, osobito vanjskih mjerenja;
- 2) nedostatak pristupa procijenjenim i planiranim mjernim podacima;
- 3) nemogućnost pristupa programskim aktivnostima radi provjere obveze s izvršavanjem zadataka.

Isto tako, prednosti dobivene primjenom modela i učinkovito korištenje raspoloživih informacija bile su:[1]

- 1) priznati da vlasnici i izvođači moraju poboljšati proces planiranja i optimizirati logističku lokaciju;
- 2) pokazati da je moguće provesti poboljšanja u projektima u tijeku i time povećati produktivnost;
- 3) aktivirati izravno na poboljšanjima, čim se utvrdi i kvantificira gubitak produktivnosti;
- 4) prikupljanje metrike i utvrđivanje referenci korištenjem usporednih grafikona i pokretanje internih procesa određivanja standarda;
- 5) prepoznati i širiti najbolje prakse koje pridonose povećanju produktivnosti.

Glavne prednosti su: [1]

- 1) širenje produktivne kulture u vlasnicima i izvođačima organizacije;
- 2) povećanje profitabilnosti za izvođače radova;
- 3) smanjenje troškova projekta i vremena i, u konačnici, rezultat izgradnje [1].

10.ZAKLJUČAK

Pravilno upravljanje resursima u građevinskim projektima može donijeti značajne uštede u vremenu i troškovima. Budući da je građevinska djelatnost intenzivna za rad, ovaj se završni rad usredotočio na produktivnost rada u građevinarstvu. U završnom radu su razmarani najsuvremeniji problemi relevantni za ovu temu. Obuhvaća definicije, aspekte, mjerenja, faktore koji utječu na produktivnost građevinske radne snage, različite tehnike mjerenja i tehnike modeliranja. Glavni zaključak na temelju preporučene literature je da nema standardne definicije produktivnosti. Razmatrana literatura pruža vodič za nužne korake potrebne za poboljšanje produktivnosti građevinske radne snage i time i izvedbu projekta. To može pomoći u poboljšanju cjelokupne izvedbe građevinskih projekata kroz implementaciju koncepta mjerila. Također, daje suvremeni koncept mjerenja gubitka produktivnosti za zahtjeve u građevinarstvu. Prikazane su dvije velike studije slučaja, iz strane literature, koje pokazuju stope produktivnosti radne snage, čimbenike koji utječu na produktivnost radova na izgradnji i kako je poboljšavaju.

Konačno se može zaključiti da provedena istraživanja inozemnih autora daju korisne rezultate iz kojih se mogu izvući naputci za praktično djelovanje, ali se nemožemo slijepo voditi njima jer su građevinski projekti i njihova realizacija uvijek jedinstveni.

11.LITERATURA

- [1] Luis Otavio Cocito de Araujo, Moacyr Carvalho Filho, Carmen Heloisa Telles; A New Model of Productivity Management as an aid to Deadline Management
- [2] Reamon Fayek Aziz, Sherif Mohamed Hafez; Applying lean thinking in construction and performance improvement; Alexandria, Egypt, 2013.
- [3] Mr. James D. Whiteside; Construction productivity; Houston, SAD, 2006.
- [4] Prachi R. Ghatge, Prof. Pravin R. Minde; Labour Productivity in Construction, Importance of Measurement of Labour Productivity in Construction; Maharashtra, India, 2016.
- [5] Eric A. Poirier, Sheryl Staub-French, Daniel Forgues; Measuring the impact of Bim on labor productivity in a small speciality contracting enterprise through action-research; Montreal, Canada, 2015.
- [6] Prof. William Ibbs, Dr. Xiaodan Sun; Ibbs&sun_Analysis of the MCAA Factor Model for Measuring Loss of Productivity, Proposed Improvements to the MCAA Method for Quantifying Construction Loss of Productivity ; Berkeley, SAD, 2016.
- [7] Mostafa E. Shehata, Khaled M. El-Gohary; Towards improving construction labor productivity and projects performance; Alexandria, Egypt, 2012.
- [8] R.M.W. Horner, B.T. Talhouni; Effects of Accelerated Working, Delays and Disruption on Labour Productivity; The Chartered Institute of Building, 1998.
- [9] Randolph H. Thomas, W.F. Maloney, R. Malcom, W. Horner, G.R. Smith, V.K. Handa, S.R. Sanders; Modeling construction labor productivity, Journal of Construction Engineering and Management, 1990.
- [10] W. Ibbs, M. Liu; Improved measured mile analysis technique; Journal of Construction Engineering and Management, 2005.
- [11] Chien-Liang Lin, Hong-Ming Huang; Improved baseline productivity analysis technique; Journal of Construction Engineering and Management, 2010.
- [12] Randolph H. Thomas; Quantification of losses of labor efficiencies: innovations in and improvements to the measured mile; Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, 2010.
- [13] William Ibbs ; Measured mile principles; Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, 2012.
- [14] Randolph H. Thomas ; Principles of Construction Labor Productivity Measurement and Processing; Report Number PTI 2K14, Pennsylvania Transportation Institute, The Pennsylvania State University, Transportation Research Building, 2000.
- [15] Remon Fayek Aziz ; The Use of Simulation to Predict (CFA) Equipment Productivity thesis presented to the Alexandria University; in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, 2004.
- [16] Harmon, K. M. J. and Cole B.; Loss of Productivity Studies - Current Uses and Misuses; Construction Briefings. 2006
- [17] Jones, R. M.; Update on Proving and Pricing Inefficiency Claims; The Construction Lawyer. 2003.
- [18] Association for the Advancement of Cost Engineering; 2004.
- [19] Mechanical Contractors Association of America; 2016.
- [20] Long, R. J. ; Cumulative Impact Claims; Long International Inc. 2005.
- [21] Business Roundtable (BRT). (1980) Effect of Scheduled Overtime on Construction

Projects. Business Roundtable.

[22] William F. Maloney; Productivity improvement: the influence of labor; Journal of Construction Engineering and Management, 1983.

[23] Robert D. Logcher, William W. Collins; Management impacts on labor productivity; Journal of the Construction Division, 1978.

[24] Ibbs, W. and Vaughn; Changes and the Loss of Productivity in Construction; A Field Manager's Guide 2016.

[25] Lee, S.; Understanding and Quantifying the Impact of Changes on Construction Labor Productivity; Integration of Productivity Factors and Quantification Methods 2007.

[26] Thomas, H. R. and Smith; Loss of Construction Labor Productivity Due to Inefficiencies and Disruptions: The Weight of Expert Opinion; PTI report the Pennsylvania Transportation Institute, PN 1990.

[27] O'Connor, L. V.; "Overcoming the Problems of Scheduling on Large Central Station Boilers."; American Power Conference 1969.

[28] Kappaz, M. H.; "Effect of Scope Changes on Schedule: A Systems Approach."; American Association of Cost Engineers Bulletin 1977.

[29] Thomas, H. R. and Jansma; Burns & Roe; Quantifying Construction Productivity Losses Associated with an Accelerated Schedule; Inc., Oradell, NJ 1985.

[30] Smith, A. G.; "Increasing Onsite Production."; American Association of Cost Engineers Transactions 1987.

[31] Josephson, P.; A Study of Causes and Consequences of Defects, and Impediments of Learning in Building Projects; Department of Building Economics and Construction Management, Gothenburg, Sweden, 2002.

[32] Brown, S. H. and Batie, D. L.; "Reducing Human Errors in the Pipeline Construction Industry."; 49th ASC Annual International Conference Proceedings. The Associated Schools of Construction, 2013.

[33] Hardy, B.; Morale: Definitions, Dimensions and Measurement; Ph.D. thesis, Judge Business School, University of Cambridge, 2009.

[34] Iaffaldano, M. T. and Muchinsky P. M.; Job Satisfaction and Job Performance: A Meta Analysis; Psychological Bulletin. 97(2), 251-273. 1985.

[35] Borchert, J. D. and Oglesby; Construction Productivity and Job Satisfaction; Journal of the Construction Division 1974.

[36] Ahsberg, E., Gamberale, F., Kjellberg, A.; Perceived Quality of Fatigue During Different Occupational Tasks. Development of a Questionnaire; International Journal of Industrial Ergonomics. 1997

[37] Hollowell M. R.; Worker Fatigue: Managing Concerns in Rapid Renewal Highway Construction Projects; Professional Safety 2010.

[38] Ibbs, W.; Project Change Management; Construction Industry Institute Special Publication, 43-1, Austin, Texas, 1994.

[39] Refaat H. Abdel-Razek, M. Abd Elshakour Hany, Mohamed Abdel-Hamid; Labor productivity: benchmarking and variability in Egyptian projects; International Journal of Project Management 25 (2) (2007)

[40] R. Baskerville, J. Pries-Heje; Grounded action research: a method for understanding IT in practice; Account. Manag. Inf. Technol. 9 (1) (1999) 1-23.

[41] Construction Industry Institute (CII), Lean Principles in Construction, vol. 191-1, The University of Texas at Austin, 2005, research summary, pp. 1-44.

[42] P. Love, I. Zahir, E. David; Learning to reduce rework in projects: analysis of firm's organizational learning and quality practices; Project Management Journal 1 (September) (2003)

- [43] Construction Industry Institute (CII), Lean Implementation at the Project Level, vol. 234-1, The University of Texas at Austin, 2007, research summary, pp. 1–36.
- [44] L. Alarcon; Tools for the identification and reduction of waste in construction projects, in: Alarcon (Ed.); Lean Construction, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1994, 1997.
- [45] L. Koskela; Application of the New Production Philosophy to Construction; Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, CA, 1992.
- [46] Construction Industry Institute (CII), Road Map for Lean Implementation at the Project Level, Bureau of Engineering Research, The University of Texas at Austin, Research Report 234-11, 2007.
- [47] L. Alarcon; Lean construction in Chile: a national strategy and local results; 3rd Annual Lean Construction Congress, 2001.
- [48] G. Howell, G. Ballard; Implementing lean construction: understanding and action, in: Proceedings Sixth Annual Conference of the International Group for Lean Construction; Guarujá, São Paulo, Brazil, 1998.
- [49] Araujo, L.O.C. Sampaio; How To Measure Productivity: a real possibility.; Proceedings of RICS COBRA 2012 Conference. Las Vegas, Nevada USA: ASEE Annual Conference Proceedings, 2012.
- [50] Araujo, L.O.C. Carvalho Filho, Moacyr. Telles, Carmen H.; Introducing a new methodology to mitigate schedule delay damages; Proceedings of RICS COBRA 2012 Conference. Las Vegas, Nevada USA: ASEE Annual Conference Proceedings, 2012.